

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

**DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-
QUÍMICAS DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS
UTILIZADAS EN LA APLICACIÓN DE PLAGUICIDAS EN LA
PROVINCIA DE LOS SANTOS**

EMILY VALENTINA ESCOBAR MARCIAGA

LAS TABLAS, LOS SANTOS

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2026

**DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-
QUÍMICAS DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS
UTILIZADAS EN LA APLICACIÓN DE PLAGUICIDAS EN LA
PROVINCIA DE LOS SANTOS**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO EN CULTIVOS
TROPICALES**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O
PARCIAL DEBE SER OBTENIDO EN LA FACULTAD DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS**

APROBADO:

PROF. DR. ROMÁN GORDÓN

DIRECTOR

PROF. DR. JOSÉ VILLARREAL

ASESOR

PROF. MGTR. FRANKLIN WILCOX

ASESOR

**LAS TABLAS, LOS SANTOS
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

2026

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la fortaleza, salud y sabiduría para culminar este proceso académico.

A mi asesor de tesis, Prof. Dr. Román Gordón Mendoza, por su guía y dedicación, y a los miembros del comité, Prof. Dr. José Villarreal y Prof. Mgtr. Franklin Wilcox, por sus aportes y apoyo durante mi formación.

Expreso mi sincero agradecimiento a los Ingenieros Jorge Franco y Francisco Ramos por su valiosa colaboración y acompañamiento durante esta investigación. Asimismo, al Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), por el apoyo brindado y las facilidades otorgadas durante la toma de muestras.

Al laboratorio de suelos del Centro Regional Universitario de Los Santos y a su personal técnico y administrativo, por su colaboración en los análisis realizados.

A mis compañeros, por su apoyo constante, y a mí misma, por la perseverancia y el crecimiento alcanzado en este proceso.

Emily Escobar Marciaga

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, con todo mi amor y gratitud, a quienes fueron parte esencial de este camino:

A Dios, por darme fuerza en los momentos de duda y luz en los momentos de oscuridad.

A mi familia, por su amor incondicional, su apoyo constante y por creer en mí incluso cuando yo dudaba.

A mis amigos, que con sus palabras, compañía y comprensión hicieron este proceso más llevadero.

Y a mí misma, por no rendirme, por cada noche de esfuerzo y por haber llegado hasta aquí.

Emily Escobar Marciaga

DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS UTILIZADAS EN LA APLICACIÓN DE PLAGUICIDAS EN LA PROVINCIA DE LOS SANTOS.

Escobar Marciaga, E. V., (2026). *Determinación de las características físico-químicas de aguas superficiales y subterráneas utilizadas en la aplicación de plaguicidas en la Provincia de Los Santos*. Tesis de Ingeniería Agronómica en Cultivos Tropicales. Los Santos, Panamá. Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 90 páginas.

RESUMEN

El agua es un recurso fundamental para la producción agrícola, ya que participa tanto en el desarrollo de los cultivos como en la preparación y aplicación de agroquímicos. La calidad del agua influye directamente en la eficacia de los productos fitosanitarios, debido a que parámetros fisicoquímicos como el pH, la dureza y la concentración de sales pueden interactuar con los ingredientes activos de plaguicidas y herbicidas. El objetivo de este estudio fue determinar las características fisicoquímicas de las aguas superficiales y subterráneas utilizadas en la aplicación de plaguicidas en la provincia de Los Santos, Panamá. El muestreo se realizó en los distritos de Los Santos, Macaracas, Guararé, Las Tablas, Pocrí, Pedasí y Tonosí, recolectando muestras de ríos, quebradas, pozos y abrevaderos mediante un esquema sistemático con puntos separados aproximadamente cada tres kilómetros. Los análisis incluyeron estadística descriptiva e intervalos de confianza para cada variable evaluada. Los resultados mostraron valores de pH ligeramente alcalinos, con promedios entre 6.9 y 7.7. Los pozos presentaron mayores valores de conductividad eléctrica (673.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sólidos totales disueltos (477.7 mg/L), salinidad (0.34 ppt) y dureza total (417.2 mg/L), mientras que los abrevaderos registraron los valores más bajos. Mediante la prueba t de Student para muestras pareadas, se identificó una diferencia significativa entre las mediciones de pH obtenidas con equipos portátiles y de laboratorio ($t = -5.3807$; $p = 2.19 \times 10^{-7}$), así como para TDS ($t = 4.4113$; $p < 0.05$). En contraste, para la conductividad eléctrica no se observaron diferencias significativas ($t = 0.0415$; $p = 0.9669$), presentando además una correlación muy fuerte entre métodos ($r = 0.9829$).

Palabras clave: *calidad del agua, parámetros fisicoquímicos, agroquímicos.*

DETERMINATION OF THE PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF SURFACE AND GROUNDWATER USED IN PESTICIDE APPLICATION IN THE PROVINCE OF LOS SANTOS.

Escobar Marciaga, E. V., (2026). *Determination of the physicochemical characteristics of surface and groundwater used in pesticide application in the Province of Los Santos*. Agronomic Engineering Thesis in Tropical Crops. Los Santos, Panama. University of Panama. Faculty of Agricultural Sciences. 90 pages.

ABSTRACT

Water is a fundamental resource for agricultural production, as it plays a role in both crop development and the preparation and application of agrochemicals. Water quality directly influences the effectiveness of pesticides, since physicochemical parameters such as pH, hardness, and salt concentration can interact with the active ingredients of pesticides and herbicides. The objective of this study was to determine the physicochemical characteristics of surface and groundwater used for pesticide application in the province of Los Santos, Panama. Sampling was conducted in the districts of Los Santos, Macaracas, Guararé, Las Tablas, Pocrí, Pedasí, and Tonosí, collecting samples from rivers, streams, wells, and watering troughs using a systematic approach with sampling points spaced approximately every three kilometers. The analyses included descriptive statistics and confidence intervals for each variable evaluated. The results showed slightly alkaline pH values, with averages between 6.9 and 7.7. The wells showed the highest values for electrical conductivity (673.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$), total dissolved solids (477.7 mg/L), salinity (0.34 ppt), and total hardness (417.2 mg/L), while the watering troughs registered the lowest values. Using the paired Student's t-test, a significant difference was identified between pH measurements obtained with portable and laboratory equipment ($t = -5.3807$; $p = 2.19 \times 10^{-7}$), as well as for TDS ($t = 4.4113$; $p < 0.05$). In contrast, no significant differences were observed for electrical conductivity ($t = 0.0415$; $p = 0.9669$), and a very strong correlation was also observed between methods ($r = 0.9829$).

Keywords: *water quality, physicochemical parameters, agrochemicals.*

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Antecedentes	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos	6
1.4.1. Objetivo general	6
1.4.2. Objetivos específicos	6
1.5. Alcances y limitaciones	6
1.5.1. Alcance del trabajo.....	6
1.5.2. Limitaciones	7
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	8
2.1. Calidad del agua	8
2.2. Conductividad eléctrica (CE)	9
2.3. Sólidos Disueltos Totales (TDS).....	9
2.4. Dureza.....	10

2.5.	Potencial de Hidrógeno (pH)	11
2.6.	Alcalinidad	11
2.7.	Salinidad	12
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1.	Área de estudio	13
3.2.	Toma de la muestra	14
3.2.1.	Diseño de muestreo	14
3.2.2.	Colecta de muestra en pozo profundo	15
3.2.3.	Colecta de muestra en río y quebrada	16
3.2.4.	Colecta de muestra en abrevadero	17
3.3.	Método de análisis en el laboratorio.....	19
3.3.1.	Calibración de los equipos	19
3.3.2.	Preparación e identificación de las muestras en laboratorio	20
3.3.3.	Determinación de pH con equipo de laboratorio	21
3.3.4.	Determinación de conductividad eléctrica (CE) con equipo de laboratorio	22
3.3.5.	Determinación de sólidos disueltos totales (TDS).....	22
3.3.6.	Determinación salinidad	23
3.3.7.	Determinación de dureza	23
3.3.8.	Determinación de pH y conductividad eléctrica (CE) con equipo portátil	24
3.4.	Análisis estadístico.....	25
3.5.	Variables estudiadas	26
3.5.1.	Laboratorio	26
3.5.2.	Equipos de medición portátil	26
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27

4.1.	Variables estudiadas en el laboratorio	27
4.1.1.	Potencial de Hidrógeno (pH)	27
4.1.2.	Conductividad eléctrica (CE)	30
4.1.3.	Sólidos disueltos totales (TDS)	33
4.1.4.	Salinidad	36
4.1.5.	Dureza total	39
4.1.6.	Dureza de Calcio	43
4.1.7.	Dureza de Magnesio	46
4.2.	Variables estudiadas con equipos portátiles	50
4.2.1.	Prueba de t-Student para pH	50
4.2.2.	Prueba de t-Student para CE	51
4.2.3.	Prueba de t-Student para TDS	52
V.	CONCLUSIONES	54
VI.	RECOMENDACIONES	56
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
VIII.	ANEXOS	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de la cantidad de muestras de agua por fuente hídrica y distrito	19
Tabla 2. Estadística descriptiva con respecto al pH.....	28
Tabla 3. Estadística descriptiva con respecto al pH según el distrito	30
Tabla 4. Estadística descriptiva con respecto al CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	31
Tabla 5. Estadística descriptiva con respecto a la CE según el distrito	33
Tabla 6. Estadística descriptiva con respecto a los TDS (mg/L)	34
Tabla 7. Estadística descriptiva con respecto a los TDS según los distritos	36
Tabla 8. Estadística descriptiva con respecto a la salinidad (ppt)	37
Tabla 9. Estadística descriptiva con respecto a la salinidad según el distrito	39
Tabla 10. Tabla de clasificación de dureza	40
Tabla 11. Estadística descriptiva con respecto a la dureza total (mg/L)	41
Tabla 12. Estadística descriptiva con respecto a la dureza total según el distrito	43
Tabla 13. Estadística descriptiva con respecto a la dureza de Calcio.....	44
Tabla 14. Estadística descriptiva con respecto a la dureza de Calcio según el distrito	46
Tabla 15. Estadística descriptiva con respecto a la dureza de Magnesio	47
Tabla 16. Estadística descriptiva con respecto a la dureza de Magnesio según el distrito	49
Tabla 17. Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para pH	51

Tabla 18. Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para	
Conductividad.....	52
Tabla 19. Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para TDS.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo de agua en la provincia de Los Santos	13
Figura 2. Toma de muestra de agua de pozo en el distrito de Pedasí.....	16
Figura 3. Toma de muestra de agua de río en el distrito de Macaracas.....	17
Figura 4. Toma de muestra de agua de abrevadero en el distrito de Las Tablas	18
Figura 5. Soluciones de calibración de pH y de Conductividad	20
Figura 6. Identificación de muestras en vasos de 50 mL	21
Figura 7. Determinación del pH	21
Figura 8. CE obtenida de la muestra 14	22
Figura 9. Mediciones con los equipos portátiles	25

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Envases utilizados para la recolección de las muestras.....	67
Anexo 2 Dispositivo GPS portátil para la toma de las coordenadas en tiempo real	67
Anexo 3 Recolección de muestras de agua de pozos	68
Anexo 4 Recolección de agua de ríos	69
Anexo 5 Recolección de agua de quebradas	69
Anexo 6 Recolección de agua de abrevadero	70
Anexo 7 Puntos de muestreo correspondientes a las muestras de agua recolectadas en pozos.....	70
Anexo 8 Puntos de muestreo correspondientes a las muestras de agua recolectadas en ríos	73
Anexo 9 Puntos de muestreo correspondientes a las muestras de agua recolectadas en quebradas	74
Anexo 10 Puntos de muestreo correspondientes a las muestras de agua recolectadas en abrevaderos	75

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento fundamental e insustituible, no solo para la vida sino también para muchas actividades, entre ellas la producción de alimentos y el normal funcionamiento de muchos sectores socioeconómicos (Del Valle, 2017). A nivel mundial el agua es de vital importancia para la agricultura, las plantas requieren del agua todo el tiempo para llevar sus funciones con normalidad (Villacís, 2024). Andrade et al. (2017) menciona que la disponibilidad de agua es un factor que condiciona el desarrollo de los cultivos. El agua, tiene una estrecha relación con los medios de producción, que se refleja en aptitud o calidad para cada uso; por ello existen diferentes criterios de clasificación ya sea: la ganadería, riego, la aplicación de agroquímicos, entre otros (Vivot et al., 2010).

Carrasco et al., (2015) mencionan que la calidad del agua también tiene importancia en la eficiencia de los productos agroquímicos, lo que puede llevar a modificar las frecuencias y dosis de aplicación, incrementando el riesgo ambiental, afectando la salud de los usuarios de estos productos y subiendo los costos de producción.

La dureza del agua puede tener efecto en plaguicidas como los herbicidas de ácido débil. Los cationes polivalentes (principalmente el calcio [Ca], magnesio [Mg] y hierro [Fe]) pueden reaccionar con los ingredientes activos. Además, existe la posibilidad de que estos se quelaten y precipiten, lo que reduciría significativamente la eficacia del producto (Thelen et al., 1995). Es por ello por lo que Chand et al. (2022) mencionan que al considerar el uso del agua en la aplicación de plaguicidas debe tomarse en cuenta el impacto de esta en el

desempeño de estos. Es por esto por lo que el cuidado y monitoreo de este recurso, resulta indispensable (Aumassanne & Fontanella, 2015).

1.1. Planteamiento del problema

El uso de agua de mala calidad en la agricultura puede impactar negativamente la salud de los cultivos, el suelo y el medio ambiente, generando riesgos para la producción agrícola y la sostenibilidad ambiental (Villacís, 2024). Por otro lado, el principal vehículo para la aplicación de agroquímicos es el agua y es preocupante la poca importancia que se le presta a la calidad de esta en el uso cotidiano. La misma tiene su química, que no siempre armoniza con la composición de los agroquímicos y que interacciona con ellos, su calidad puede determinar el fracaso o el éxito de una aplicación, ya que prácticamente podría decirse que en ocasiones es más del 90 por ciento (%) del componente del caldo de aplicación, los parámetros más importantes involucrados son: pH, dureza y alcalinidad. Estos parámetros pueden causar varias situaciones críticas sobre las moléculas de los agroquímicos (Jalil, 2020). Por ello, es importante considerar que las principales variables para clasificar la calidad del agua desde una perspectiva agrícola son: a) concentración de sólidos disueltos o sales; b) presencia relativa de sodio (Na); c) contenido de carbonatos y bicarbonatos; d) concentración de otros iones específicos como cloro (Cl) y boro (B) y e) presencia y concentración de Fe y Mn (Castellanos et al., 2002).

En la agricultura convencional se usan insecticidas, fertilizantes, herbicidas, entre otros productos, la mayoría son mezclados o diluidos en el agua, muchas veces se observa que los agroquímicos no funcionan como se requiere, esto se

debe a la calidad del agua usada, por lo cual antes de aplicar un plaguicida se debe corregir el pH y la dureza para asegurar su efectividad (Villacís, 2024). Al momento de efectuar una aplicación de agroquímicos, la condición del agua es de suma relevancia puesto a que es el transporte de rociamiento que se utiliza básicamente en el 100% de las pulverizaciones agrícolas. Cuando el agua es de deficiente calidad puede, por diferentes causas, ir en descenso de la aplicación o incluso la ineficiencia en su totalidad (Bonells, 2017).

Las aplicaciones de los diferentes productos fitosanitarios son actividades complejas por lo cual deberán de ser realizadas por operarios capacitados o con la ayuda de un profesional idóneo. Cuando el agua posee mucha cantidad de sales, la efectividad de los tratamientos con fitosanitarios puede verse disminuida, ya que se afecta la emulsionabilidad y dispersabilidad, es decir los iones presentes en las sales forman reacciones con los fitosanitarios y lograr así reducir la concentración del principio activo del caldo de tratamiento y muchas veces el agua es el principal motivo por lo cual esto sucede (CASAFE, 2016).

1.2. Antecedentes

El estado del agua es elemental para la producción de cultivos de manera exitosa, ya que este impacta en el rendimiento de los cultivos y en las condiciones del suelo. (Cadena, 2018; Trujillo et al., 2019). Es por ello que, las propiedades fisicoquímicas del agua están estrechamente relacionadas con la calidad de esta (Guerrero et al., 2021).

Vivot et al. (2010) indica que la dureza del agua es fundamental debido a que es causada por minerales con carga positiva, principalmente calcio y

magnesio. El sodio y hierro son cationes que pueden unirse a algunos herbicidas como el glifosato y también 2,4-D amina, lo que reduce su eficiencia.

Hernández (2018) realizó un estudio donde las muestras de agua fueron recolectadas en diferentes ríos y pozos de la provincia de Los Santos. La dureza promedio en pozos resultó en agua dura y muy dura y ríos como media dura y dura. Adicionalmente, se demostró que existían diferencias significativas entre los mismos tratamientos de: agua de pozo y desionizada en soluciones con dimetoato; también agua de río y agua de pozo en soluciones con glifosato.

Nicolli et al., (2012) menciona cómo la calidad química del agua subterránea resulta también afectada por los aportes de la atmósfera, el suelo y las reacciones agua-roca (meteorización). Sin embargo, MI AMBIENTE realizó estudios en fuentes de aguas subterráneas de la provincia de Los Santos, en 17 diferentes puntos de muestreo. Esto reflejó que: 83 % de las muestras de agua se ubicaba en un rango de agua dura y el 17 % en la escala de aguas muy duras (ANAM, 2013).

1.3. Justificación

El agua es considerada el principal transporte que lleva los insumos químicos en los cultivos donde serán aplicados, debido a esto es primordial conocer su calidad para asegurar una aplicación exitosa. Tanto los factores físico-químicos como los factores biológicos pueden influenciar en la calidad del agua, pH, sólidos disueltos, absorción de sodio, alcalinidad y dureza, se conocen como características químicas. Se debe destacar que el tipo de agua que se vaya a utilizar en el cultivo tiene un alto grado de afectación en el mismo, por lo que es

importante realizar un análisis para determinar los diversos parámetros antes de delimitar el área a utilizarse como medio de producción (Anchundia, 2019).

Para la aplicación de los plaguicidas se debe verificar la calidad del agua para que estos funcionen de forma adecuada ya que, debido a sus características estructurales, el agua disuelve y mantiene en suspensión un gran número de sustancias, algunas de las cuales son potencialmente tóxicas para las plantas, por lo que su acumulación (ya sea o no directamente tóxica) genera problemas en los vegetales por efecto salino (Hazem & Pietkiewicz, 1993).

En la agricultura se usan coadyuvantes los cuales pueden incrementar o modificar la calidad del agua para mejorar el efecto de los plaguicidas. Suárez (2022) indica que en la actualidad existen diferentes tipos de coadyuvantes, los cuales se pueden clasificar como tensioactivos, adherentes, humectantes, correctores de agua, entre otros.

La mayoría de los agricultores al momento de la fumigación para el control de malezas realizan la mezcla del agroquímico con el agua obviando el pH de esta; el recurso hídrico es recolectado ya sea del río, pozo, canales o alguna otra fuente cercana de este recurso. Hasta hace pocos años, se pensaba que la única función del agua en el caldo de fumigación era la de disolver los productos químicos para luego ser aplicados en el cultivo, por lo cual comienza a perder peso cuando se descubre que la gran mayoría de agroquímicos trabajan mejor en medios ácidos, lo cual el agua debe ser tratada para satisfacer que el control del problema que afecta al cultivo sea el mejor (Barloza, 2020)

Por lo tanto, es necesario tener conocimiento de dónde se encuentra ubicado y la capacidad de explotación que tienen algunos recursos hídricos subterráneos, para poder hacer uso según el estado en que se encuentre dependiendo de la evaluación de la calidad del agua. (Mahecha et al., 2020).

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar las características fisicoquímicas de aguas superficiales y subterráneas utilizadas en la aplicación de plaguicidas en la provincia de Los Santos.

1.4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar las aguas superficiales y subterráneas utilizadas en la aplicación de plaguicidas en la provincia de Los Santos.
- Comparar las mediciones de los equipos de laboratorio con respecto a los equipos portátiles.

1.5. Alcances y limitaciones

1.5.1. Alcance del trabajo

Como alcance de esta investigación se pretende caracterizar, detalladamente, las aguas superficiales y subterráneas utilizadas en la aplicación de plaguicidas en la provincia de Los Santos. Esto para brindar información valiosa a los agricultores y así crear conciencia en la utilización y tratamiento de

aguas para la producción agrícola con la finalidad de aumentar la eficacia en la aplicación de agroquímicos.

1.5.2. Limitaciones

Como esta investigación busca conocer las características fisicoquímicas del agua una limitación sería que la calidad de esta puede variar con la época del año, por ejemplo, el agua puede tener mayor turbidez y concentración de contaminantes debido a la escorrentía, lo que dificulta obtener un perfil constante o representativo de la calidad del agua a lo largo del tiempo. También, el acceso a zonas productoras en donde se necesitan vehículos específicos para llegar, es un factor que afecta la recolección de muestras que sean representativas para toda el área de estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Calidad del agua

El agua es el medio esencial o el componente principal al momento de realizar una preparación de agroquímicos para su aplicación ya que, al utilizarla en labores fitosanitarios de uso agrícola, es la encargada de llevar los principios activos del producto en sí, es el líquido más conocido y difundido ya que la capacidad de solvente es mayormente amplia (Villacís, 2024).

En este sentido, uno de los factores más importantes en la producción intensiva de cultivos después de la disponibilidad del agua, es su calidad (Bojórquez, 2008), la cual se puede dividir en química y agronómica. La calidad química del agua, que puede tener un uso muy amplio, está dada por las cantidades de sales y la proporción de diferentes iones que ésta tiene en solución; su conocimiento permite determinar si se puede recomendar con fines domésticos, industriales, pecuarios y/o agrícolas (Aceves, 2011).

Según Moreno & Peñaranda (2016) el poder controlar la mayor cantidad de factores, asociados a la calidad física y química del agua, permite optimizar el efecto de los insumos agrícolas, dando como resultado, pulverizaciones más eficaces y con mayor relación costo beneficio.

Existen diferentes factores que determinan la calidad de agua tal como el pH, la materia orgánica en suspensión y las sales disueltas (dureza del agua); cada uno de estos factores van a inferir negativamente sobre el tratamiento el cual minimiza la eficacia de la aplicación (CitriCaldas, 2017). Razón por la cual, la mala calidad fisicoquímica del agua, utilizada como vehículo, es un factor, que puede

afectar la efectividad de diferentes y o diversas formulaciones del plaguicida glifosato, capaz incidir negativamente, en la eficacia del tratamiento herbicida, pudiendo influir de manera distinta, según, la formulación y la especie de maleza (Allieri & Papa, 2008).

2.2. Conductividad eléctrica (CE)

La conductividad es un parámetro de suma importancia debido a que esta es la encargada de estimar el nivel de sales que se encuentran en el suelo, esto producto de nutrientes naturales que se encuentran en el agua y en el suelo, los fertilizantes que se han aplicado y otros minerales que se encuentran disueltos (Villacís, 2024).

2.3. Sólidos Disueltos Totales (TDS)

Se refiere a la concentración de los componentes disueltos presentes en las aguas naturales, y la salinidad a la concentración total de los componentes iónicos. Su medición se da en partes por millón (ppm) o miligramos por litro (mg/L), este parámetro puede verse afectado por la temperatura y el pH o disolución de sales. Los Sólidos Disueltos Totales (TDS), la salinidad y la conductividad eléctrica conllevan una relación al ser los parámetros que miden las soluciones disueltas en el agua (Cajaleón, 2020).

Los sólidos disueltos totales (TDS) comprenden las sales inorgánicas principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua. Los TDS presentes en el agua de consumo proceden de fuentes naturales,

aguas residuales, escorrentía urbana y aguas residuales industriales (Garcia, 2024).

La medición del contenido de sólidos disueltos totales nos permite estimar la cantidad de iones disueltos presentes en el agua, los cuales, a su vez, pueden llegar a aumentar la salinidad del suelo. Un incremento en la salinidad puede afectar la adsorción de agua para las raíces de las plantas. Este parámetro se lo utiliza como un indicador de las sales disueltas producto de los procesos naturales como la meteorización química del material geológico y las actividades relacionadas con el vertimiento de sustancias a los cuerpos hídricos. (Cuví & Ruiz, 2022).

2.4. Dureza

La dureza es una medida de la concentración de cationes en el agua. Sin embargo, el agua subterránea es principalmente una medida de la concentración del calcio y magnesio disueltos (Diggs & Parker, 2009). Ansell (2014) la define como la concentración total de iones de calcio y magnesio en una muestra de agua, expresada como la concentración de carbonato de calcio.

El carbonato es una sal del ácido carbónico. Se origina al disolverse minerales de carbonato en el agua y por la disolución del dióxido de carbono (CO_2). Las sales de carbonato se forman al unirse un catión al ion de carbonato y su contenido en el agua depende del pH del agua, el CO_2 atmosférico, la temperatura, los cationes y otras sales disueltas (Eaton, 1950).

2.5. Potencial de Hidrógeno (pH)

El pH puede afectar a la solubilidad y estabilidad de la molécula del plaguicida, por lo que es una de las causas por las que puede reducir su efectividad en condiciones reales de uso (Roskamp et al., 2013; Ranjbar et al., 2021; Mueller & Steckel, 2019; Fishel, 2022) o influir en su degradación una vez aplicada (Sarmah & Sabadie, 2002).

Los pesticidas son sensibles al pH y se descomponen cuando tienen una reacción con el agua a través del proceso llamado hidrolisis lo que básicamente es que el ingrediente activo del pesticida se divide en moléculas más pequeñas o lo vuelve inútil, esto sucede al momento que se agrega el pesticida a la solución pulverizante y una vez se rompe la molécula ya no será efectiva (GolfPerú, 2020).

Muchos de los herbicidas son ácidos débiles y formulados como sales; por lo que, antagonizan en mayor o menor medida, por los cationes presentes en el agua, empleada como vehículo. También, el efecto del pH está relacionado con la estabilidad y vida media de los agroquímicos y la absorción del herbicida por las plantas (Mosquera, 2012).

2.6. Alcalinidad

La alcalinidad representa uno de los problemas más significativos que presenta el agua de uso agrícola, ya que se debe a la presencia de sustancias disueltas en el agua, los iones alcalinos como bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos aportan a que el agua sea alcalina (Pochteca Perú 2024). La pérdida del poder de acción del plaguicida será más veloz cuanto más alto sea el valor del pH de la solución y más alta sea la temperatura del agua (Drokasa, 2024). Ranjbar

et al. (2021) concluyeron que el rendimiento de los insecticidas se reduce a medida que el pH se hace más alcalino.

El bicarbonato (ion de carbonato hidrogenado) es un anión cuyo estado de solubilidad y concentración dependen del pH del agua. Este representa el componente alcalino en casi todas las aguas e influye en su dureza y alcalinidad (Obando, 2023).

2.7. Salinidad

La salinidad impide que la planta logre una absorción normal del agua y por consiguiente su crecimiento, por otro lado, su estudio se realiza por medio de la determinación de las Sales Solubles Totales (SST), Conductividad Eléctrica (CE), Salinidad efectiva (SE) y Salinidad Potencial (SP) (Castaño et al., 2011). La conductividad eléctrica es fácil de establecer, tanto en el laboratorio como en el campo, y ayuda a obtener una valoración rápida de las sales disueltas, manteniendo el principio de que las aguas puras no conducen la electricidad, por lo que, si los valores obtenidos de la conductividad eléctrica son mayores, indican el contenido de sales disueltas (Martínez, 2024).

Si se utiliza agua con altos contenido de sales disueltas (agua dura) y pH inadecuado la efectividad de los diferentes tratamientos fitosanitarios pueden disminuir la emulsionabilidad y dispersabilidad en el medio de transporte, los iones disueltos (calcio y magnesio) forman las sales insolubles disminuyendo la concentración del principio activo en el caldo de tratamiento estas sales de materias activas con los cationes antes mencionados reducen la velocidad de absorción de la materia activa (Arvensis, 2014).

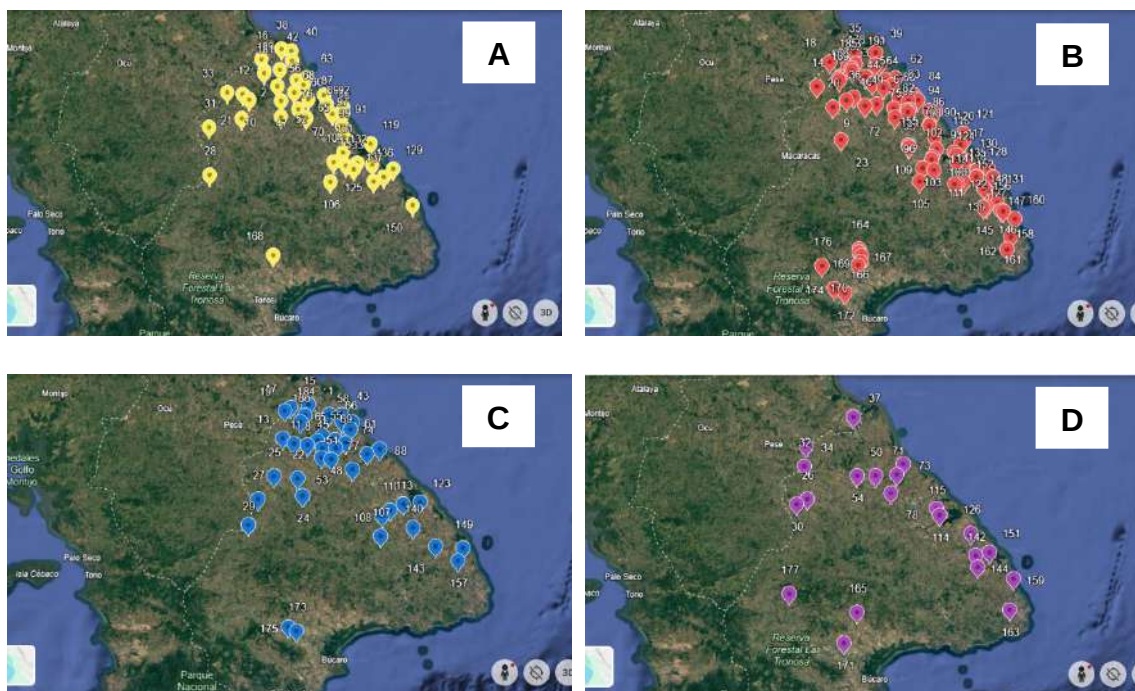
III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

El estudio se realizó en la provincia de Los Santos, República de Panamá, en los distritos de: Los Santos, Macaracas, Guararé, Las Tablas, Pocrí, Pedasí y Tonosí (Figura 1). Geográficamente la provincia se ubica entre coordenadas de 7° 30' 00" de latitud norte y 8° 20' 00" de longitud oeste (Maps of World, 2021). Presenta un intervalo de altitud entre 200 a 800 msnm (IMHPA, 2023).

Figura 1.

Ubicación de los puntos de muestreo de agua en la provincia de Los Santos



Nota. Distribución de los puntos de muestreo en las diferentes fuentes. (A) Abrevaderos, (B) Pozos, (C) Quebradas, (D) Ríos.

El clima predominante corresponde al tipo tropical de sabana (Aw) según la clasificación de Köppen (IMHPA, 2021), caracterizado por una marcada estación seca entre diciembre y abril y una estación lluviosa de mayo a noviembre. La precipitación media anual es de aproximadamente 1 730 mm, concentrada principalmente en los meses de septiembre y octubre. La temperatura promedio es de 25,75 °C, con oscilaciones térmicas poco pronunciadas. La humedad relativa promedio es del 80%, condición que favorece el desarrollo de cultivos de ciclo corto y mediano (IMHPA, 2023).

3.2. Toma de la muestra

3.2.1. Diseño de muestreo

Las muestras de agua fueron recolectadas siguiendo un esquema de muestreo sistemático, manteniendo una distancia aproximada de tres kilómetros entre cada punto de muestreo. Las tomas se realizaron en diversas fuentes utilizadas por los productores, incluyendo ríos, quebradas, pozos y abrevaderos. En cada punto de muestreo se registraron las coordenadas geográficas mediante un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) modelo GPSmap 62s GARMIN, y se obtuvo con alta precisión la latitud, la longitud y la altitud expresada en metros sobre el nivel del mar (msnm).

Este intervalo de muestreo y la diversidad de fuentes consideradas garantizaron una cobertura representativa del área de estudio, y redujo la redundancia en las mediciones. Además, cada envase de muestra fue marcado con un número consecutivo, lo que permitió asegurar su correcta clasificación y evitar confusiones durante el registro.

3.2.2. Colecta de muestra en pozo profundo

Para la toma de muestras de agua en pozo profundo, se llevó a cabo un proceso sistemático que garantizó la representatividad y calidad del agua recolectada. El procedimiento consistió en el bombeo del pozo mediante el uso de turbinas especializadas, las cuales permitieron una extracción continua y controlada.

Como parte del proceso inicial, se dejó fluir un volumen de aproximadamente 500 mililitros (mL) de agua, con el fin de purgar posibles residuos o impurezas acumuladas en la tubería o en la bomba (Hernández, 2018). Esta etapa resultó fundamental para asegurar que la muestra recolectada reflejara fielmente las condiciones del agua subterránea.

Una vez completado el flujo de purga, se procedió a realizar un enjuague del envase de recolección, el cual tenía una capacidad de 375 mL. Este enjuague previo fue esencial para eliminar cualquier sustancia externa que pudiera alterar los resultados del análisis posterior (Figura 2). Finalmente, se recolectó la muestra definitiva, y se aseguró el cumplimiento de los estándares de asepsia y manipulación para evitar cualquier tipo de contaminación cruzada.

Figura 2.

Toma de muestra de agua de pozo en el distrito de Pedasí

**3.2.3. Colecta de muestra en río y quebrada**

En cuanto a la colecta de muestras de agua superficial, se seleccionaron cuidadosamente los puntos de muestreo en el cauce del río y quebrada. Las muestras fueron tomadas en zonas donde el flujo de agua era continuo, y se evitó áreas de remanso o estancamiento, ya que estas condiciones podían alterar la composición del agua y no representar adecuadamente el estado general del cuerpo hídrico.

Del mismo modo que en el muestreo de pozo profundo, el envase utilizado para contener la muestra fue sometido a un enjuague vigoroso con el agua del mismo sitio de colecta, y se repitió el procedimiento tres veces. Posteriormente, se extrajo el volumen requerido, correspondiente a 375 mL (Figura 3).

Figura 3.

Toma de muestra de agua de río en el distrito de Macaracas

**3.2.4. Colecta de muestra en abrevadero**

En cuanto a la colecta de muestras de agua en abrevaderos, se seleccionaron cuidadosamente aquellos que estuviesen dentro de alguna explotación agrícola o que en algún momento pudiesen utilizar el agua para algún tipo de aplicación. Esta elección estratégica de los sitios de muestreo permite obtener resultados más precisos y confiables.

Al igual que en el muestreo de pozo profundo y de ríos o quebradas, el envase destinado a contener la muestra fue sometido previamente a un proceso de enjuague vigoroso con el agua del mismo sitio de colecta, se realizó este paso tres veces y posteriormente, se extrajo el volumen requerido, de 375 mL, y se almacenó de inmediato bajo condiciones controladas para su posterior análisis (Figura 4).

Figura 4.

Toma de muestra de agua de abrevadero en el distrito de Las Tablas



Una vez completada la recolección de las muestras por día, eran trasladadas cuidadosamente hasta una cámara frigorífica (cuarto frío) destinada originalmente al almacenamiento de semillas. Esta cámara proporcionó las condiciones adecuadas de temperatura y conservación, lo cual fue fundamental para mantener la integridad fisicoquímica de las muestras hasta el momento en que se realizó su análisis en el laboratorio.

En la Tabla 1 se muestran los puntos de muestreo correspondientes a las muestras de agua recolectadas en las diferentes fuentes de la provincia de Los Santos.

Tabla 1.

Distribución de la cantidad de muestras de agua por fuente hídrica y distrito

Distritos	Pozos	Abrevaderos	Quebradas	Ríos	Total
Los Santos	25	15	17	2	59
Macaracas	1	3	5	3	12
Guararé	12	7	7	5	31
Las Tablas	15	11	4	2	32
Pocrí	16	5	3	2	26
Pedasí	10	1	2	4	16
Tonosí	8	1	2	3	13
	86	43	40	20	189

3.3. Método de análisis en el laboratorio

El análisis de las muestras se realizó en el laboratorio de suelos y tejido foliar del Centro Regional Universitario de Los Santos, bajo el marco normativo del Ministerio de Ambiente y conforme a las normas DGNTI-COPANIT 24-99, y se empleó equipos de medición de laboratorio y portátiles pertenecientes a la Universidad de Panamá.

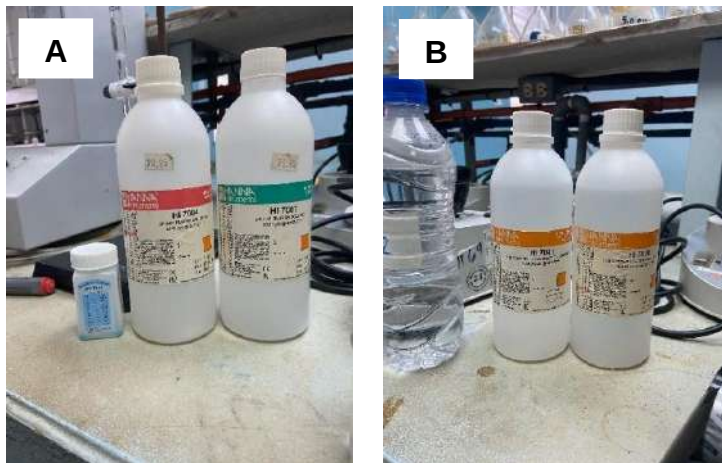
3.3.1. Calibración de los equipos

Se realizó un análisis de la calidad del agua para determinar sus propiedades y su idoneidad para el uso en la mezcla con plaguicidas. Previo a las mediciones de pH y conductividad eléctrica (CE), los equipos de laboratorio y portátiles fueron calibrados diariamente utilizando soluciones patrón con valores previamente establecidos para pH y CE.

Antes de registrar los valores de cada muestra, el electrodo fue enjuagado con agua destilada y secado cuidadosamente con papel toalla, justo antes de su colocación en la solución (Figura 5).

Figura 5.

Soluciones de calibración de pH y de Conductividad



Nota. (A) Soluciones patrón para pH 4.01 – 7.01 – 10.1, (B) Soluciones patrón para Conductividad 1413 – 12880 microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

3.3.2. Preparación e identificación de las muestras en laboratorio

Las muestras fueron depositadas en vasos precipitados de 50 mL, asegurándose de que el volumen sea suficiente para sumergir completamente el electrodo, a los cuales se les adhería cinta adhesiva sobre la que se rotulaba la numeración correspondiente a cada muestra (Figura 6).

Figura 6.

Identificación de muestras en vasos de 50 mL



3.3.3. Determinación de pH con equipo de laboratorio

Se enjuagó ligeramente el electrodo con agua destilada antes de sumergirlo en la muestra. Luego, se sumergió el electrodo en la muestra y se esperó a que la lectura se estabilizara para registrar el valor de pH obtenido (Figura 7).

Figura 7.

Determinación del pH



3.3.4. Determinación de conductividad eléctrica (CE) con equipo de laboratorio

Se enjuagó ligeramente el electrodo con agua destilada antes de sumergirlo en la muestra. Luego, se sumergió el electrodo en la muestra y se esperó a que la lectura se estabilizara para registrar el valor de conductividad obtenido (Figura 8).

Figura 8.

CE obtenida de la muestra 14



3.3.5. Determinación de sólidos disueltos totales (TDS)

La determinación de los sólidos disueltos totales (TDS) se realizó utilizando un medidor de conductividad eléctrica (CE). Se emplearon los mismos procedimientos utilizados para la medición de CE, variando únicamente el parámetro de lectura en el equipo según correspondiera.

3.3.6. Determinación salinidad

La determinación de salinidad se realizó utilizando un medidor de conductividad eléctrica (CE). Se emplearon los mismos procedimientos utilizados para la medición de CE, variando únicamente el parámetro de lectura en el equipo según correspondiera.

3.3.7. Determinación de dureza

A partir de los valores de conductividad eléctrica (CE) obtenidos en las muestras, se determinó la dureza del agua mediante fórmulas de estimación específicas para pozos y nacientes (ríos y quebradas). Estas relaciones matemáticas permiten transformar la CE promedio en valores de dureza total expresados en miligramos por litro (mg/L), facilitando la comparación y clasificación de la calidad del agua según su origen. Además, se aplicaron fórmulas complementarias para calcular de manera diferenciada la dureza de calcio y la dureza de magnesio, con el fin de obtener una caracterización más detallada de los iones que contribuyen a la dureza del agua.

Para el caso de los pozos, la dureza total (Dt) del agua se estimó a partir de la conductividad eléctrica (CE) mediante una ecuación de regresión ajustada, la cual relaciona ambas variables de forma significativa. Las ecuaciones empleadas fueron tomadas del estudio de Solís et al. (2018).

$$Dt = 0,0003 \times CE^2 + 0,3418 \times CE + 0,2710 \quad (1)$$

donde Dt corresponde a la dureza total (mg/L) y CE a la conductividad eléctrica (microsiemens por centímetro [$\mu\text{S}/\text{cm}$]). Esta fórmula se aplicó al promedio de la conductividad por ámbitos, permitiendo obtener el valor estimado de la dureza

total promedio en los pozos analizados. Asimismo, para este mismo origen de agua se calculó la dureza de calcio (DCa), utilizando la siguiente ecuación de regresión:

$$\text{DCa} = 0,0003 \times \text{CE}^2 + 0,1935 \times \text{CE} + 2,9640 \quad (2)$$

lo que permitió obtener una estimación más precisa de la contribución del calcio a la dureza total.

En el caso de los nacientes (ríos y quebradas), la dureza total se calculó con una ecuación de regresión distinta:

$$\text{Dt} = 0,4927 \times \text{CE} - 10,2321 \quad (3)$$

y la dureza de calcio (DCa) se determinó mediante la ecuación:

$$\text{DCa} = 0,0004 \times \text{CE}^2 + 0,2250 \times \text{CE} - 0,2439 \quad (4)$$

estas fórmulas permitieron estimar la dureza total y la contribución del calcio en las muestras procedentes de nacientes.

La dureza de magnesio para los pozos y las nacientes:

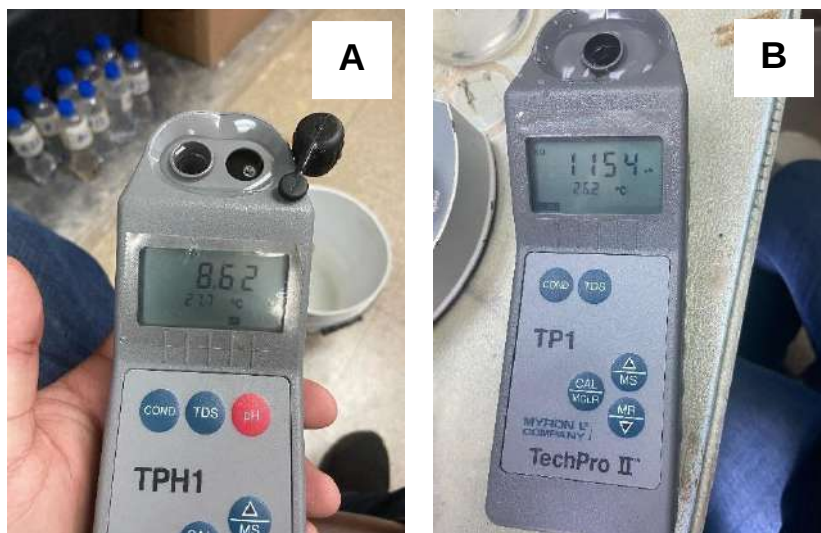
$$\text{DMg} = \text{Dt} - \text{DCa} \quad (5)$$

3.3.8. Determinación de pH y conductividad eléctrica (CE) con equipo portátil

Para las mediciones de pH y conductividad se utilizaron medidores portátiles como el TechPro II (TPH1 y TP1) Myron L. En el caso del pH, se empleó un volumen de agua de 1,2 mL, correspondiente a la capacidad de la celda del equipo, y el valor de pH se registró en la pantalla del medidor. De la misma forma, para la medición de CE y TDS se utilizó un volumen de agua de 5 mL, y el valor de la conductividad se registró en la pantalla del equipo (Figura 9).

Figura 9.

Mediciones con los equipos portátiles



Nota. (A) Medición de pH con el equipo portátil TPH1, (B) CE con el equipo portátil TP1.

3.4. Análisis estadístico

Los resultados del laboratorio se expusieron mediante estadísticas descriptivas mínimo, máximo, promedio, varianza (S^2), error estándar (S_x), primer cuartil (Q 25%), segundo cuartil (Q 50%) y tercer cuartil (Q 75%) y el coeficiente de variación (CV), utilizando para ello el programa Excel 365. Además, se calcularon los intervalos de confianza (LC) de cada una de las variables medidas. Con los medidores portátiles TechPro II (TPH1 y TP1) y Myron L se midieron el pH y la conductividad, y se realizó una prueba T-Student para comparar las mediciones de los equipos portátiles con las de laboratorio.

3.5. Variables estudiadas

3.5.1. Laboratorio

Conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (TDS), dureza, pH, alcalinidad y salinidad.

3.5.2. Equipos de medición portátil

pH, CE y TDS.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variables estudiadas en el laboratorio

4.1.1. Potencial de Hidrógeno (pH)

Según los valores de pH registrados en las diferentes fuentes de agua, se observó que los ríos presentaron el valor promedio más alto (7.7), con un rango que fue de 6.7 a 8.7. En contraste, los abrevaderos mostraron el promedio más bajo (6.9), con valores mínimos y máximos de 6.2 y 8.4, respectivamente. Las demás fuentes presentaron promedios entre 7.5 y 7.6, con rangos de 6.2 a 8.9 en los pozos y de 6.6 a 8.4 en las quebradas, además de intervalos de confianza al 99% que oscilaron entre ± 0.1 y ± 0.4 . En general, los valores indicaron una ligera variabilidad entre fuentes, con coeficientes de variación que fueron de 6.8% a 7.6%, siendo los abrevaderos la fuente que mostró mayor cambio en sus valores de pH.

Los cuartiles de pH mostraron diferencias entre las fuentes de agua analizadas. En los abrevaderos, el 50% de los valores se concentró entre 6.7 y 7.1, con una mediana de 6.8, lo que indicó una ligera tendencia hacia la neutralidad (más bajos). Mientras tanto, los pozos y quebradas mostraron medianas superiores (7.5 y 7.6, respectivamente). Los ríos registraron los valores más elevados ($Q_{25\%}=7.45$; $Q_{50\%}=7.9$; $Q_{75\%}=8.1$), lo que evidenció un pH ligeramente más alto en comparación con las demás fuentes. En comparación con lo reportado por Whitford et al. (1986), quien indicó que la mayoría de los pesticidas eran estables en soluciones con pH de 4.0 a 7.0, el agua del abrevadero

se perfiló como la más adecuada para la preparación directa de agroquímicos, mientras que las demás fuentes requirieron corrección para evitar pérdidas de eficacia.

Por su parte, Jalil (2020) recomendó trabajar con pH entre 4.5 y 6.5, por lo que los valores de pozos, quebradas y ríos se ubicaron por encima de lo sugerido, lo que podría haber reducido la estabilidad de algunos plaguicidas en estas aguas.

En el caso de los pozos, los rangos se ubicaron entre 6.2 y 8.9, lo que indicó condiciones que abarcaron desde ligeramente ácidas hasta alcalinas en la mayoría de las fuentes evaluadas. Estos resultados coincidieron con lo señalado por ANAM (2013), quien reportó que en el Arco Seco el pH de las aguas subterráneas solía encontrarse entre 6.5 y 8.0, aunque se presentaban sitios con valores superiores a 8.5 o inferiores a 6.5. Estos hallazgos evidenciaron la presencia tanto de fuentes ligeramente ácidas como de otras que superaron el límite de 8.5 y que, de acuerdo con ANAM (2013), podrían requerir algún tipo de tratamiento de purificación (tabla 2).

Tabla 2.

Estadística descriptiva con respecto al pH

Fuente	POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)										
	Min	Max	Prom.	S ²	S _x	LC 95%	LC 99%	Q 25%	Q 50%	Q 75%	CV
Abrevadero	6.2	8.4	6.9	0.2	0.1	0.1	0.2	6.7	6.8	7.1	7.6
Pozo	6.2	8.9	7.5	0.2	0.0	0.1	0.1	7.3	7.5	7.7	7.0
Quebrada	6.6	8.4	7.6	0.2	0.1	0.2	0.2	7.3	7.6	7.9	6.9
Rio	6.7	8.7	7.7	0.3	0.1	0.3	0.4	7.5	7.9	8.1	6.8
Corrientes	6.6	8.7	7.6	0.3	0.1	0.1	0.2	7.3	7.7	8.0	6.9

Los valores de pH registrados en los diferentes distritos mostraron una variación relativamente baja, con promedios que oscilaron entre 7.2 y 7.7 en distritos como Guararé y Macaracas, lo cual indicó condiciones ligeramente alcalinas en la mayoría de las fuentes de agua evaluadas. En cuanto a los rangos, los distritos de Guararé y Pocrí presentaron los valores mínimos más bajos (6.2) en localidades como El Nanzal y La Candelaria, mientras que Los Santos registró el valor máximo más alto (8.9) en la localidad de El Tolla'o, evidenciando una mayor amplitud en el comportamiento del pH en este distrito.

En términos de tendencia central, los cuartiles reflejaron distribuciones estables: la mediana (Q50%) se situó entre 7.2 y 7.9 en todos los distritos, lo que confirmó que la mayoría de los valores se concentraron dentro de un intervalo estrecho. Entre ellos, Macaracas y Tonosí destacaron por tener medianas más elevadas (7.9 y 7.6, respectivamente), lo que coincidió con sus promedios relativamente altos.

La variabilidad del pH, medida a través del coeficiente de variación (CV), fue baja a moderada en la mayoría de los distritos, ubicándose entre 4.4% y 7.3%. Los valores más altos se observaron en Pocrí (7.3%) y Tonosí (7.2%), lo que indicó una mayor dispersión en estos sectores, mientras que Pedasí presentó la menor variabilidad (4.4%), reflejando una estabilidad más marcada en sus registros de pH.

Los intervalos de confianza al 95% y 99% mostraron márgenes reducidos (entre 0.05 y 0.1 unidades), lo que reforzó la precisión de las estimaciones de los

promedios obtenidos. Esto sugirió que, a pesar de las diferencias puntuales entre distritos, el pH se mantuvo dentro de un comportamiento relativamente uniforme en toda la región evaluada (Tabla 3).

Tabla 3.

Estadística descriptiva con respecto al pH según el distrito

Distrito	POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)										
	Min	Max	Prom.	S ²	S _x	LC 95%	LC 99%	Q 25%	Q 50%	Q 75%	CV
Guararé	6.2	8.4	7.2	0.3	0.04	0.1	0.1	6.7	7.3	7.6	7.0
Las Tablas	6.4	8.3	7.3	0.2	0.03	0.1	0.1	6.9	7.4	7.6	6.6
Los Santos	6.5	8.9	7.6	0.3	0.04	0.1	0.1	7.2	7.5	8.0	7.0
Macaracas	7.0	8.2	7.7	0.2	0.03	0.1	0.1	7.3	7.9	8.2	5.8
Pedasi	6.9	8.1	7.5	0.1	0.02	0.05	0.1	7.3	7.5	7.7	4.4
Pocrí	6.2	8.1	7.2	0.3	0.04	0.1	0.1	6.7	7.2	7.6	7.3
Tonosí	6.8	8.7	7.6	0.3	0.04	0.1	0.1	7.2	7.6	8.0	7.2

4.1.2. Conductividad eléctrica (CE)

Los valores de CE de las diferentes fuentes de agua evaluadas mostraron que los pozos presentaron el mayor promedio (673.2 $\mu\text{S/cm}$), con un rango que fue de 239 a 2850 $\mu\text{S/cm}$, y la menor variabilidad (CV = 52.5%). En contraste, los abrevaderos registraron el promedio más bajo (231.5 $\mu\text{S/cm}$), pero con la mayor variabilidad, reflejada en un intervalo de valores entre 62.6 y 894 $\mu\text{S/cm}$ y un CV = 152.6%. Las quebradas y los ríos mostraron valores intermedios, con un rango de 151.8 a 961 $\mu\text{S/cm}$ para las quebradas y de 187.7 a 508 $\mu\text{S/cm}$ para los ríos. Para el caso de los pozos, el intervalo de confianza al 99% fue de ± 117.8 , mientras que los abrevaderos presentaron un intervalo de confianza al 99% de ± 68.9 .

El análisis de los cuartiles de conductividad eléctrica (CE) evidenció diferencias significativas entre las fuentes de agua evaluadas. En los abrevaderos,

el 25% de las muestras presentó $CE \leq 121.2 \mu\text{S/cm}$, el 50% $\leq 183.6 \mu\text{S/cm}$ y el 75% $\leq 293 \mu\text{S/cm}$; mientras que los ríos mostraron valores intermedios con $Q25\% = 256$, $Q50\% = 333$ y $Q75\% = 380 \mu\text{S/cm}$. Por su parte, las quebradas y pozos presentaron medianas más elevadas, con $Q50\% = 495.5$ y $595 \mu\text{S/cm}$, respectivamente, alcanzando los pozos los mayores valores de CE ($Q75\% = 754 \mu\text{S/cm}$).

De acuerdo con los rangos establecidos por Rodríguez (2012) y Tharp & Sigler (2013), una CE inferior a $500 \mu\text{S/cm}$ (0.5 dS/m) era poco probable que afectara el rendimiento de los agroquímicos. Esto sugirió que el uso de agua de abrevaderos, ríos y, en parte, de las quebradas no debería haber generado problemas para la aplicación de agroquímicos. Sin embargo, el agua de los pozos, cuya mediana y $Q75\%$ superaron el valor de $500 \mu\text{S/cm}$, podría haber representado un riesgo para la eficacia de los agroquímicos, especialmente en los casos en que se utilizaran soluciones más concentradas (Tabla 4).

Tabla 4.

Estadística descriptiva con respecto al CE ($\mu\text{S/cm}$)

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)											
Fuente	Min	Max	Prom.	S^2	S_x	LC 95%	LC 99%	Q 25%	Q 50%	Q 75%	CV
Abrevadero	62.6	894	231.5	28070.9	25.6	51.6	68.9	121.2	183.6	293.0	152.6
Pozo	239	2850	673.2	171807.9	44.7	88.9	117.8	427.0	595.0	754.0	52.5
Quebrada	151.8	961	507.1	31544.5	28.1	56.8	76.0	365.3	495.5	620.8	69.7
Rio	187.7	508	322.6	7646.7	20.1	42.1	57.7	256.0	333.0	380.0	109.5
Corrientes	151.8	961	445.6	31008.4	22.9	45.9	61.1	320.3	409.5	549.3	79.3

Los valores de conductividad eléctrica (CE) registrados evidenciaron una variabilidad marcada entre zonas, con promedios que oscilaron entre 269 y 577 $\mu\text{S/cm}$. Los distritos de Los Santos y Guararé presentaron los promedios más altos (577 y 553 $\mu\text{S/cm}$, respectivamente), lo que reflejó una mayor concentración de sales disueltas en estas áreas. En contraste, Macaracas registró el promedio más bajo (269 $\mu\text{S/cm}$), seguido de Tonosí (332 $\mu\text{S/cm}$), lo que indicó aguas relativamente menos mineralizadas.

En cuanto a los rangos, se observaron diferencias significativas: Las Tablas y Los Santos presentaron los valores máximos más elevados (2850 $\mu\text{S/cm}$), lo que sugirió la presencia de fuentes puntuales con altos niveles de sales. Por otro lado, los valores mínimos más bajos se encontraron en Pocrí y Tonosí (63 $\mu\text{S/cm}$), lo que demostró que dentro de estos distritos había sitios con agua de baja salinidad.

Distritos como Guararé, Pocrí y Las Tablas mostraron Q75% relativamente altos (769, 679.75 y 679 $\mu\text{S/cm}$, respectivamente), lo que indicó que una proporción considerable de las muestras presentó valores de CE por encima de los promedios del conjunto evaluado. En contraste, Macaracas y Tonosí exhibieron cuartiles más bajos y con menos variación.

La variabilidad general, expresada mediante el coeficiente de variación (CV), mostró contrastes importantes entre distritos. Las Tablas (92.4%) y Los Santos (70.1%) presentaron los CV más altos, reflejando una marcada dispersión y heterogeneidad en las mediciones de CE. Por el contrario, Tonosí (25.2%) y

Pedasí (35.2%) mostraron menor variabilidad, lo que sugirió condiciones más estables y homogéneas en las fuentes evaluadas. Los intervalos de confianza (95% y 99%) fueron amplios en distritos con alta variabilidad, como Las Tablas y Los Santos, y más estrechos en Macaracas y Tonosí, indicando mayor precisión en estos últimos (Tabla 5).

Tabla 5.

Estadística descriptiva con respecto a la CE según el distrito

Distrito	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)										
	Min	Max	Prom.	S ²	S _x	LC 95%	LC 99%	Q 25%	Q 50%	Q 75%	CV
Guararé	94	1115	553	88480	21.6	42.7	56.3	315	508	769	53.8
Las Tablas	90	2850	533	242958	35.9	70.7	93.3	259	464	679	92.4
Los Santos	79	2850	577	163796	29.4	58.1	76.6	367	537	656	70.1
Macaracas	119	510	269	12205	8.0	15.9	20.9	194	267	324	41.1
Pedasí	93	694	385	18350	9.9	19.4	25.6	311	397	466.5	35.2
Pocrí	63	1057	485	63516	18.3	36.2	47.7	367	442	679.75	52.0
Tonosí	63	461	332	6991	6.1	12.0	15.8	286	337	395.5	25.2

4.1.3. Sólidos disueltos totales (TDS)

Los valores de TDS de las diferentes fuentes de agua evaluadas mostraron que los pozos presentaron el mayor promedio (477.7 mg/L), con un rango que fue de 170 a 2030 mg/L y la menor variabilidad (CV = 52.7%). En contraste, los abrevaderos registraron el promedio más bajo (164.6 mg/L), aunque con la mayor variabilidad, reflejada en valores mínimos y máximos de 44.4 y 635 mg/L, respectivamente, y un CV = 153.3%. Las quebradas y los ríos mostraron valores intermedios, con rangos de 108 a 682 mg/L para las quebradas y de 133 a 361 mg/L para los ríos. Para el caso de los pozos, el intervalo de confianza al 99% fue

de ± 83.7 , mientras que los abrevaderos presentaron un intervalo de confianza al 99% de ± 49 .

El análisis de los cuartiles de los TDS evidenció diferencias significativas entre las fuentes de agua evaluadas. En los abrevaderos, el 25% de las muestras presentó $\text{TDS} \leq 86.1 \text{ mg/L}$, el 50% $\leq 130 \text{ mg/L}$ y el 75% $\leq 208 \text{ mg/L}$; mientras que los ríos mostraron valores intermedios con $Q_{25\%} = 181.5$, $Q_{50\%} = 235.5$ y $Q_{75\%} = 269.6 \text{ mg/L}$. Por su parte, los pozos y las quebradas presentaron medianas más elevadas, con $Q_{50\%} = 422.5$ y 351.5 mg/L , respectivamente, alcanzando los pozos los mayores valores de TDS ($Q_{75\%} = 535.5 \text{ mg/L}$).

En general, los TDS fueron más altos en los pozos, seguidos por las quebradas, los ríos y, finalmente, los abrevaderos (Tabla 6). Esto indicó una mayor concentración de sales disueltas en fuentes subterráneas en comparación con las superficiales. Es importante considerar que, según Tharp & Sigler (2013), concentraciones de TDS superiores a 500 mg/L , junto con valores de dureza mayores a 500 mg/L , podían disminuir la efectividad de herbicidas como el 2,4-D.

Tabla 6.

Estadística descriptiva con respecto a los TDS (mg/L)

SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES											
Fuente	Min	Max	Prom.	S ²	S _x	LC 95%	LC 99%	Q 25%	Q 50%	Q 75%	CV
Abrevadero	44.4	635.0	164.3	14167.6	18.2	36.6	49	86.1	130.0	208.0	153.3
Pozo	170.0	2030.0	477.7	86749.4	31.8	63.1	83.7	303.3	422.5	535.5	52.7
Quebrada	108.0	682.0	367.5	18201.0	21.3	43.1	57.8	259.5	351.5	454.5	68.6
Rio	133.0	361.0	228.9	3856.0	14.2	29.9	41	181.5	235.5	269.8	110.1
Corrientes	108.0	682.0	321.3	17615.8	17.3	34.6	46.0	227.3	290.5	400.5	78.4

Los valores de sólidos disueltos totales (TDS) registrados en los distintos distritos mostraron una variación considerable entre zonas. Los distritos de Los Santos y Guararé presentaron los promedios más altos (409.7 y 392.8 mg/L, respectivamente), lo que indicó una mayor presencia de sales y compuestos minerales en sus fuentes de agua. En contraste, Macaracas registró el promedio más bajo (190.9 mg/L), seguido por Tonosí (235.5 mg/L), lo que evidenció aguas de menor carga mineral.

En los rangos de TDS, los distritos de Las Tablas y Los Santos tuvieron los valores más altos (2020 y 2030 mg/L), lo que indica que en estas zonas hubo algunas fuentes de agua con mucha cantidad de sales disueltas. En contraste, los valores más bajos se encontraron en Pocrí (44.4 mg/L) y también en Los Santos (56.3 mg/L), lo cual muestra que dentro de un mismo distrito pueden existir fuentes de agua con niveles muy bajos de TDS.

Los cuartiles coincidieron con la dispersión observada en los datos. Guararé y Pocrí mostraron valores de Q75% altos (546 y 520.5 mg/L), lo que significó que muchas de sus muestras tuvieron niveles de TDS superiores al promedio general. En cambio, Macaracas y Tonosí presentaron cuartiles bajos y muy parecidos entre sí, lo que indicó rangos más pequeños y menos variación en sus valores.

La variabilidad general, medida con el coeficiente de variación (CV), mostró diferencias claras entre los distritos. Las Tablas (92.3%) y Los Santos (70.3%) presentaron la mayor dispersión en sus valores, lo que indicó que sus fuentes de agua fueron muy diversas. En cambio, Tonosí (25.1%) y Pedasí (35.2%) tuvieron

la menor variabilidad, lo que sugirió que sus condiciones de agua fueron más estables y parecidas entre sí.

Los intervalos de confianza al 95% y 99% se presentaron más amplios en distritos con alta variabilidad, como Las Tablas y Los Santos. En cambio, los distritos con menor dispersión, como Tonosí y Macaracas, mostraron rangos más pequeños, lo que hizo que los promedios fueran más precisos (Tabla 7).

Tabla 7.

Estadística descriptiva con respecto a los TDS según los distritos

SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES											
Distrito	Min	Max	Prom.	S ²	S _x	LC 95%	LC 99%	Q 25%	Q 50%	Q 75%	CV
Guararé	67	795	392.8	44725.2	15.4	30.3	40.0	224.0	361.0	546.0	53.8
Las Tablas	64	2020	378.5	122079.5	25.4	50.1	66.1	183.5	329.5	482.0	92.3
Los Santos	56.3	2030	409.7	82901.8	20.9	41.3	54.5	261.0	381.0	466.0	70.3
Macaracas	84.2	361	190.9	6127.7	5.7	11.2	14.8	137.8	189.5	230.0	41.0
Pedasí	65.7	493	273.4	9265.5	7.0	13.8	18.2	221.0	281.0	331.3	35.2
Pocrí	44.4	750	355.2	35903.2	13.8	27.2	35.9	260.0	314.0	520.5	53.3
Tonosí	130	327	235.5	3501.1	4.3	8.5	11.2	203.0	238.0	280.5	25.1

4.1.4. Salinidad

Los valores de salinidad de las diferentes fuentes de agua evaluadas mostraron que los pozos presentaron el mayor promedio (0.34 partes por mil [ppt]), con un rango que fue de 0.1 a 1.4 ppt y la menor variabilidad (CV = 52.62%). En contraste, los abrevaderos registraron el promedio más bajo (0.12 ppt), aunque con la mayor variabilidad, reflejada en valores mínimos y máximos de 0.0 y 0.5 ppt, respectivamente, y un CV = 153.35%. Las quebradas y los ríos mostraron valores intermedios (0.26 y 0.16 ppt, respectivamente), con rangos de 0.1 a 0.5 ppt para las quebradas y 0.1 a 0.3 ppt para los ríos. Para el caso de los pozos, el

intervalo de confianza al 99% fue de ± 0.06 , mientras que los abrevaderos presentaron un intervalo de ± 0.03 .

El análisis de los cuartiles de la salinidad evidenció diferencias significativas entre las fuentes de agua evaluadas. En los abrevaderos, el 25% de las muestras presentó salinidad ≤ 0.06 , el 50% ≤ 0.09 y el 75% ≤ 0.15 ppt; mientras que los ríos mostraron valores intermedios con $Q_{25\%} = 0.13$, $Q_{50\%} = 0.17$ y $Q_{75\%} = 0.19$ ppt. Por su parte, los pozos y las quebradas presentaron medianas más elevadas, con $Q_{50\%} = 0.30$ y 0.25 ppt, respectivamente, alcanzando los pozos los mayores valores de salinidad ($Q_{75\%} = 0.38$ ppt).

Park & Juang (2014) sostiene que el agua generalmente salada suele ser alcalina ($\text{pH} > 7$) y más resistente a los cambios de pH, lo que dificulta el ajuste con ácidos. Una concentración de salinidad > 0.48 partes por mil (ppt) afecta a las plantas sensibles al estrés y reduce la absorción de plaguicida sistémicos a través de las raíces (Tabla 8).

Tabla 8.

Estadística descriptiva con respecto a la salinidad (ppt)

Fuente	SALINIDAD										
	Min	Max	Prom.	S^2	S_x	LC 95%	LC 99%	Q 25%	Q 50%	Q 75%	CV
Abrevadero	0.0	0.5	0.12	0.01	0.01	0.03	0.03	0.06	0.09	0.15	153.35
Pozo	0.1	1.4	0.34	0.04	0.02	0.04	0.06	0.21	0.30	0.38	52.62
Quebrada	0.1	0.5	0.26	0.01	0.01	0.03	0.04	0.18	0.25	0.31	69.10
Rio	0.1	0.3	0.16	0.00	0.01	0.02	0.03	0.13	0.17	0.19	109.75
Corrientes	0.1	0.5	0.22	0.01	0.01	0.02	0.03	0.16	0.21	0.27	78.83

Los valores de salinidad registrados en los diferentes distritos mostraron una variación moderada entre zonas, con promedios que oscilaron entre 0.14 y

0.29 ppt. Los distritos de Los Santos y Guararé presentaron los promedios más altos (0.29 y 0.28 ppt, respectivamente), lo que indicó una mayor presencia relativa de sales disueltas en sus fuentes de agua. En contraste, Macaracas registró el promedio más bajo (0.14 ppt), seguido de Tonosí (0.17 ppt), lo que reflejó aguas más diluidas y con menor contenido salino.

En relación con los rangos, Las Tablas y Los Santos exhibieron los valores máximos más elevados (1.42 y 1.43 ppt, respectivamente), lo que evidenció la presencia de fuentes puntuales con niveles de salinidad inusualmente altos. Por otro lado, los valores mínimos más bajos se observaron en Pocrí (0.03 ppt) y Los Santos (0.04 ppt), lo que confirmó que dentro de estos distritos también existían fuentes con concentraciones salinas muy bajas.

Los cuartiles reforzaron la tendencia observada en la distribución de los datos. Distritos como Guararé, Las Tablas y Pocrí presentaron Q75% relativamente altos (0.39, 0.34 y 0.34 ppt), lo que indicó que una parte importante de las muestras superó los valores promedio de salinidad de la región. En contraste, Macaracas y Tonosí mostraron cuartiles bajos y muy similares entre ellos, lo que indicó poca variación y valores de salinidad más uniformes.

La variabilidad, representada por el coeficiente de variación (CV), mostró diferencias marcadas entre distritos. Las Tablas (91.9%) y Los Santos (70.4%) presentaron los niveles de dispersión más altos, lo que reflejó una fuerte heterogeneidad en la salinidad de sus fuentes. Por el contrario, Tonosí (25.8%) y

Pedasí (34.9%) exhibieron la menor variabilidad, lo que indicó condiciones más estables y consistentes.

Los intervalos de confianza al 95% y 99% se ampliaron en los distritos con mayor variabilidad, especialmente Las Tablas y Los Santos, mientras que, en distritos con menor dispersión, como Tonosí y Macaracas, estos intervalos fueron considerablemente estrechos, lo que aportó mayor precisión (Tabla 9).

Tabla 9.

Estadística descriptiva con respecto a la salinidad según el distrito

Distrito	SALINIDAD										
	Min	Max	Prom.	S ²	S _x	LC 95%	LC 99%	Q 25%	Q 50%	Q 75%	CV
Guararé	0.05	0.56	0.28	0.02	0.01	0.02	0.03	0.16	0.25	0.39	54.2
Las Tablas	0.05	1.42	0.27	0.06	0.02	0.04	0.05	0.13	0.24	0.34	91.9
Los Santos	0.04	1.43	0.29	0.04	0.01	0.03	0.04	0.18	0.27	0.33	70.4
Macaracas	0.06	0.25	0.14	0.00	0.00	0.01	0.01	0.10	0.14	0.16	40.4
Pedasí	0.05	0.35	0.19	0.00	0.00	0.01	0.01	0.15	0.20	0.23	34.9
Pocrí	0.03	0.53	0.24	0.02	0.01	0.02	0.02	0.18	0.22	0.34	52.5
Tonosí	0.09	0.23	0.17	0.00	0.00	0.01	0.01	0.15	0.17	0.20	25.8

4.1.5. Dureza total

Según los valores de dureza registrados en las diferentes fuentes de agua, se observó que los pozos presentaron el valor promedio más alto (417.2 mg/L), con un rango que fue de 99.1 a 3411.2 mg/L. En contraste, los abrevaderos mostraron el promedio más bajo (103.7 mg/L), con valores mínimos y máximos de 22.8 y 545.6 mg/L, respectivamente. Las demás fuentes presentaron promedios entre 148.7 y 239.6 mg/L, con rangos de 64.6 a 463.3 en las quebradas y de 82.2 a 240.1 en los ríos, además de intervalos de confianza al 99% que oscilaron entre

± 142 y ± 28.5 . En general, los valores indicaron una ligera variabilidad entre fuentes, con coeficientes de variación que fueron de 72.6% a 355.5%, siendo los abrevaderos la fuente que mostró el mayor cambio en sus valores de dureza.

El análisis de los cuartiles de la dureza evidenció diferencias significativas entre las fuentes de agua evaluadas. En los abrevaderos, el 25% de las muestras presentó dureza ≤ 46.1 mg/L, el 50% ≤ 73.1 mg/L y el 75% ≤ 126.3 mg/L; mientras que los ríos mostraron valores intermedios con $Q_{25\%} = 115.9$ mg/L, $Q_{50\%} = 153.8$ mg/L y $Q_{75\%} = 177$ mg/L. Por su parte, las quebradas y pozos presentaron medianas más elevadas, con $Q_{50\%} = 233.9$ y 309.9 mg/L, respectivamente, alcanzando los pozos los mayores valores de dureza ($Q_{75\%} = 428.5$ mg/L).

De acuerdo con Tharp & Sigler (2013) la clasificación de la dureza del agua de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Tabla 10) permite determinar si un agua es adecuada para la mezcla de plaguicidas, estableciendo los diferentes rangos:

Tabla 10.

Tabla de clasificación de dureza

ppm	Clasificación
0 - 114	Blanda
114 - 342	Moderadamente dura
342 - 800	Dura
> 800	Muy Dura

Nota. Adaptado de *Pesticide Performance and Water Quality*, por Tharp, C. & Sigler, A., 2013, Montana State University Extension. Copyright 2013 por Montana State University Extension.

En concordancia con la clasificación de dureza presentada en la tabla, las aguas del abrevadero se clasifican como blandas, las de pozo como duras y las provenientes de las corrientes como moderadamente duras (Tabla 11).

Tabla 11.

Estadística descriptiva con respecto a la dureza total (mg/L)

Fuente	DUREZA TOTAL										
	Min	Max	Prom.	S ²	S _x	LC 95%	LC 99%	Q 25%	Q 50%	Q 75%	CV
Abrevadero	22.8	545.6	103.7	9443.1	14.8	29.9	40	46.1	73.1	126.3	355.5
Pozo	99.1	3411.2	417.2	249857.3	53.9	107.2	142	200.9	309.9	428.5	88.4
Quebrada	64.6	463.3	239.6	7657.5	13.8	28	37.5	169.7	233.9	295.6	72.6
Rio	82.2	240.1	148.7	1856.3	9.9	20.8	28.5	115.9	153.8	177.0	117.0
Corrientes	64.6	463.3	209.3	7527.4	11.3	22.6	30.1	147.6	191.5	260.4	83.2

Nota. La dureza total del agua fue estimada utilizando las ecuaciones descritas por Solís et al. (2018). La ecuación (1) se aplicó a muestras provenientes de pozos y abrevaderos, y la ecuación (3) a muestras de ríos y quebradas, según la tipología de la fuente. Las ecuaciones empleadas se describen en la sección de Metodología del presente estudio.

Los valores de dureza total registrados en los diferentes distritos evidenciaron una variabilidad marcada entre zonas, con promedios que oscilaron entre 121.9 y 338.8 (mg/L). Los distritos de Las Tablas y Los Santos presentaron los promedios más altos (338.8 y 336.5 mg/L, respectivamente), seguidos por Guararé (299.0 mg/L), lo que indicó una mayor concentración de sales responsables de la dureza en sus fuentes de agua. En contraste, Macaracas registró el promedio más bajo (121.9 mg/L), seguido de Tonosí (151.0 mg/L), reflejando aguas con menor dureza relativa.

En cuanto a los rangos de variación, Los Santos y Las Tablas mostraron los valores máximos más elevados (3411.2 y 3411.2 mg/L, respectivamente), lo que evidenció la presencia de fuentes puntuales con niveles de dureza excepcionalmente altos. Por otro lado, los valores mínimos más bajos se observaron en Pocrí (22.8 mg/L) y Las Tablas (33.5 mg/L), confirmando que dentro de estos distritos también existieron fuentes con dureza considerablemente baja.

El análisis de los cuartiles reforzó la heterogeneidad en la distribución de los datos. Distritos como Guararé, Las Tablas y Pocrí presentaron valores elevados del cuartil superior (Q75%), con 411.2, 370.7 y 371.5 mg/L, respectivamente, lo que indicó que una proporción importante de las muestras superó los valores promedio regionales de dureza total. En contraste, Macaracas y Tonosí mostraron cuartiles más bajos y relativamente cercanos entre sí, lo que reflejó una distribución más uniforme y menor variabilidad interna.

La variabilidad, representada por el coeficiente de variación (CV), mostró diferencias notables entre distritos. Los Santos (133.4%) y Las Tablas (172.7%) presentaron los mayores niveles de dispersión, evidenciando una marcada heterogeneidad en la dureza del agua. En cambio, Tonosí (28.8%) y Macaracas (47.6%) exhibieron una menor variabilidad, lo que indicó condiciones más estables.

Los intervalos de confianza al 95% y 99% fueron más amplios en los distritos con mayor dispersión, particularmente Las Tablas y Los Santos, mientras que, en distritos con menor variabilidad, como Tonosí y Macaracas, estos

intervalos resultaron considerablemente más estrechos, aportando mayor precisión a las estimaciones de los promedios de dureza total (Tabla 12).

Tabla 12.

Estadística descriptiva con respecto a la dureza total según el distrito

Distrito	DUREZA TOTAL										
	Min	Max	Prom.	S ²	S _x	LC 95%	LC 99%	Q 25%	Q 50%	Q 75%	CV
Guararé	35.2	754.3	299.0	40297.0	14.6	28.8	38.0	137.7	251.3	411.2	67.1
Las Tablas	33.5	3411.2	338.8	342254.4	42.6	83.9	110.7	117.3	222.7	370.7	172.7
Los Santos	29.3	3411.2	336.5	201540.8	32.7	64.4	85.0	170.6	269.0	329.7	133.4
Macaracas	45.0	252.6	121.9	3368.6	4.2	8.3	11.0	82.3	121.1	149.4	47.6
Pedasí	34.5	382.0	181.9	5980.7	5.6	11.1	14.6	135.7	183.1	219.6	42.5
Pocrí	22.8	696.7	253.8	27177.9	12.0	23.7	31.2	166.1	210.1	371.5	64.9
Tonosí	73.1	221.6	151.0	1892.0	3.2	6.2	8.2	123.3	155.3	183.5	28.8

4.1.6. Dureza de Calcio

Según los valores de dureza de calcio registrados en las diferentes fuentes de agua, se observó que las quebradas presentaron el valor promedio más alto (229.0 mg/L), con un rango que fue de 43.1 a 585.4 mg/L. En contraste, los abrevaderos mostraron el promedio más bajo (72.1 mg/L), con valores mínimos y máximos de 16.3 y 415.7 mg/L, respectivamente. Las demás fuentes presentaron promedios intermedios, siendo 320.1 mg/L en los pozos, 191.7 mg/L en las corrientes y 116.9 mg/L en los ríos, con rangos que oscilaron entre 66.3 y 2991.2 mg/L para los pozos, 43.1 y 585.4 mg/L para las corrientes, y 56.1 a 217.3 mg/L en los ríos, además de intervalos de confianza al 99% que variaron entre ± 29.9 y ± 125.2 . En general, los valores indicaron una variabilidad considerable entre las fuentes, con coeficientes de variación que oscilaron entre 99.8% y 443.3%, siendo

los abrevaderos la fuente que mostró el mayor cambio en los valores de dureza de calcio.

El análisis de los cuartiles de la dureza de calcio evidenció diferencias significativas entre las fuentes de agua evaluadas (Tabla 13). En los abrevaderos, el 25% de las muestras presentó valores ≤ 30.8 , el 50% ≤ 48.6 y el 75% ≤ 85.6 ; mientras que los ríos mostraron valores intermedios con $Q_{25\%} = 83.6$, $Q_{50\%} = 119.0$ y $Q_{75\%} = 143.0$. Por su parte, las quebradas y los pozos presentaron medianas más elevadas, con $Q_{50\%} = 209.5$ y 224.3 , respectivamente, alcanzando los pozos valores altos de dureza de calcio en el cuartil superior ($Q_{75\%} = 319.4$).

Tabla 13.

Estadística descriptiva con respecto a la dureza de Calcio

Fuente	DUREZA Ca+										CV
	Min	Max	Prom.	S ²	S _x	LC 95%	LC 99%	Q 25%	Q 50%	Q 75%	
Abrevadero	16.3	415.7	72.1	5277.9	11.1	22.4	29.9	30.8	48.6	85.6	443.3
Pozo	66.3	2991.2	320.1	194029.3	47.5	94.4	125.2	140.3	224.3	319.4	99.8
Quebrada	43.1	585.4	229.0	13610.1	18.4	37.3	50.0	135.3	209.5	293.6	181.3
Rio	56.1	217.3	116.9	1841.2	9.8	20.7	28.3	83.6	119.0	143.0	355.2
Corrientes	43.1	585.4	191.7	12432.2	14.5	29.1	38.7	112.8	159.0	244.0	216.6

Nota. La dureza de calcio del agua fue estimada mediante las ecuaciones descritas por Solís et al. (2018), aplicándose la ecuación (2) a muestras procedentes de pozos y abrevaderos, y la ecuación (4) a muestras de ríos y quebradas, según el tipo de fuente.

Los valores de dureza de calcio registrados en los diferentes distritos evidenciaron una variabilidad marcada entre zonas, con promedios que oscilaron entre 89.4 y 278.6 mg/L. Los distritos de Los Santos y Las Tablas presentaron los promedios más altos (278.6 y 266.5 mg/L, respectivamente), seguidos por

Guararé (243.0 mg/L), lo que indicó una mayor concentración de calcio en las fuentes de agua. En contraste, Macaracas registró el promedio más bajo (89.4 mg/L), seguido de Tonosí (109.2 mg/L), reflejando aguas con menor dureza de calcio.

En cuanto a los rangos de variación, Los Santos y Las Tablas mostraron los valores máximos más elevados (2991.2 y 2991.2 mg/L, respectivamente), lo que indicó la presencia de fuentes puntuales con concentraciones de calcio excepcionalmente altas. Por otro lado, los valores mínimos más bajos se observaron en Pocrí (16.3 mg/L) y Los Santos (20.2 mg/L), confirmando que dentro de estos distritos también existieron fuentes con dureza de calcio considerablemente baja.

El análisis de los cuartiles reforzó la heterogeneidad en la distribución de los datos. Distritos como Guararé, Las Tablas y Pocrí presentaron valores elevados del cuartil superior (Q75%), con 370.9, 272.7 y 273.3 mg/L, respectivamente, lo que indicó que una proporción importante de las muestras superó los valores promedio regionales de dureza de calcio. En contraste, Macaracas y Tonosí mostraron cuartiles más bajos y relativamente cercanos entre sí, lo que reflejó una distribución más uniforme y menor variabilidad interna.

La variabilidad, representada por el coeficiente de variación (CV), mostró diferencias notables entre distritos. Las Tablas (192.8%) y Los Santos (141.4%) presentaron los mayores niveles de dispersión, lo que indicó una marcada heterogeneidad en la dureza de calcio del agua. En cambio, Tonosí (31.5%) y

Macaracas (50.4%) exhibieron una menor variabilidad, lo que indicó condiciones más estables.

Los intervalos de confianza al 95% y 99% fueron más amplios en los distritos con mayor dispersión, particularmente Las Tablas y Los Santos, mientras que, en distritos con menor variabilidad, como Tonosí y Macaracas, estos intervalos resultaron considerablemente más estrechos, aportando mayor precisión a las estimaciones de los promedios de dureza de calcio (Tabla 14).

Tabla 14.

Estadística descriptiva con respecto a la dureza de Calcio según el distrito

Distrito	DUREZA Ca+										CV
	Min	Max	Prom.	S ²	S _x	LC 95%	LC 99%	Q 25%	Q 50%	Q 75%	
Guararé	23.9	591.7	243.0	27468.5	12.1	23.8	31.4	100.9	217.3	370.9	68.2
Las Tablas	22.9	2991.2	266.5	264078.9	37.4	73.7	97.3	80.7	172.0	272.7	192.8
Los Santos	20.2	2991.2	278.6	155155.0	28.7	56.5	74.6	117.7	207.5	303.9	141.4
Macaracas	30.1	179.7	89.4	2031.7	3.3	6.5	8.5	55.1	88.1	114.7	50.4
Pedasí	23.5	281.7	134.8	3743.1	4.5	8.8	11.6	92.3	126.9	174.6	45.4
Pocrí	16.3	542.7	191.5	16265.2	9.3	18.3	24.1	114.4	159.9	273.3	66.6
Tonosí	48.6	155.9	109.2	1181.5	2.5	4.9	6.5	83.5	120.5	133.5	31.5

4.1.7. Dureza de Magnesio

Según los valores de dureza de magnesio registrados en las diferentes fuentes de agua, se observó que los pozos presentaron el valor promedio más alto (97.1 mg/L), con un rango que fue de 32.8 a 420.0 mg/L. En contraste, las quebradas mostraron el promedio más bajo (10.6 mg/L), con valores mínimos y máximos de -122.1 y 34.8 mg/L, respectivamente. Las demás fuentes presentaron promedios intermedios, siendo 31.8 mg/L en los ríos, 31.6 mg/L en

los abrevaderos y 17.7 mg/L en las corrientes, con rangos que oscilaron entre 22.8 y 34.8 mg/L para los ríos, 6.6 y 129.9 mg/L para los abrevaderos y -122.1 a 34.8 mg/L en las corrientes, además de intervalos de confianza al 99% que variaron entre ± 2.2 y ± 17.5 .

En general, los valores indicaron una variabilidad marcada entre las fuentes, con coeficientes de variación que oscilaron entre 53.9% y 2477.7%, siendo las quebradas la fuente que mostró el mayor cambio en los valores de dureza de magnesio.

El análisis de los cuartiles de la dureza de magnesio evidenció diferencias significativas entre las fuentes de agua evaluadas (Tabla 15). En los abrevaderos, el 25% de las muestras presentó valores ≤ 15.3 mg/L, el 50% ≤ 24.5 mg/L y el 75% ≤ 40.8 mg/L; mientras que los ríos mostraron valores intermedios con Q25% = 31.0 mg/L, Q50% = 32.9 mg/L y Q75% = 34.2 mg/L. Por su parte, las corrientes y los pozos presentaron medianas más elevadas, con Q50% = 29.5 mg/L y 85.6 mg/L, respectivamente, alcanzando los pozos los mayores valores de dureza de magnesio en el cuartil superior (Q75% = 109.1 mg/L).

Tabla 15.

Estadística descriptiva con respecto a la dureza de Magnesio

Fuente	DUREZA Mg										
	Min	Max	Prom.	S ²	S _x	LC 95%	LC 99%	Q 25%	Q 50%	Q 75%	CV
Abrevadero	6.6	129.9	31.6	617.4	3.8	7.7	10.2	15.3	24.5	40.8	165.6
Pozo	32.8	420.0	97.1	3778.6	6.6	13.2	17.5	60.6	85.6	109.1	53.9
Quebrada	-122.1	34.8	10.6	1041.3	5.1	10.3	13.8	2.0	23.1	32.6	2477.7
Rio	22.8	34.8	31.8	10.8	0.8	1.6	2.2	31.0	32.9	34.2	824.4
Corrientes	-122.1	34.8	17.7	793.8	3.7	7.3	9.8	16.4	29.5	33.5	1485.0

Nota. Los valores de dureza de calcio fueron calculados utilizando la ecuación (5) propuesta por Solís et al. (2018), aplicada a todas las fuentes de agua.

Los valores de dureza de magnesio registrados en los diferentes distritos mostraron una variabilidad marcada entre zonas, con promedios que oscilaron entre 32.5 y 72.3 mg/L. Los distritos de Las Tablas y Pocrí presentaron los promedios más altos (72.3 y 62.4 mg/L, respectivamente), seguidos por Los Santos (57.9 mg/L) y Guararé (56.0 mg/L), lo que indicó una mayor concentración de magnesio en sus fuentes de agua. En contraste, Macaracas registró el promedio más bajo (32.5 mg/L), seguido de Tonosí (41.8 mg/L), reflejando aguas con menor dureza de magnesio.

En cuanto a los rangos de variación, Las Tablas y Los Santos mostraron los valores máximos más elevados (420.0 y 420.0 mg/L, respectivamente), lo que evidenció la presencia de fuentes puntuales con concentraciones de magnesio excepcionalmente altas. Por otro lado, los valores mínimos más bajos se observaron en Los Santos (-122.1 mg/L) y Guararé (-45.6 mg/L), confirmando la existencia de registros extremadamente bajos dentro de estos distritos.

El análisis de los cuartiles reforzó la heterogeneidad en la distribución de los datos. Distritos como Guararé, Las Tablas y Pocrí presentaron valores elevados del cuartil superior (Q75%), con 105.9, 98.0 y 98.1 mg/L, respectivamente, lo que indicó que una proporción importante de las muestras superó los valores promedio regionales de dureza de magnesio. En contraste, Macaracas y Tonosí mostraron cuartiles más bajos y relativamente cercanos entre sí, lo que reflejó una distribución más uniforme y menor variabilidad interna.

La variabilidad, representada por el coeficiente de variación (CV), mostró diferencias notables entre distritos. Los Santos (125.5%), Las Tablas (103.4%) y Guararé (103.3%) presentaron los mayores niveles de dispersión, evidenciando una marcada heterogeneidad en la dureza de magnesio del agua. En cambio, Tonosí (30.9%) y Macaracas (44.4%) exhibieron una menor variabilidad, lo que indicó condiciones más estables.

Los intervalos de confianza al 95% y 99% fueron más amplios en los distritos con mayor dispersión, particularmente Las Tablas, Los Santos y Guararé, mientras que, en distritos con menor variabilidad, como Tonosí y Macaracas, estos intervalos resultaron considerablemente más estrechos, aportando mayor precisión a las estimaciones de los promedios de dureza de magnesio (Tabla 16).

Tabla 16.

Estadística descriptiva con respecto a la dureza de Magnesio según el distrito

Distrito	DUREZA Mg										
	Min	Max	Prom.	S ²	S _x	LC 95%	LC 99%	Q 25%	Q 50%	Q 75%	CV
Guararé	-45.6	162.7	56.0	3340.3	4.2	8.3	10.9	21.4	34.7	105.9	103.3
Las Tablas	10.7	420.0	72.3	3378.6	4.2	8.3	11.0	31.3	53.5	98.0	103.4
Los Santos	-122.1	420.0	57.9	3320.1	4.2	8.3	10.9	19.0	42.5	84.5	125.5
Macaracas	14.9	72.9	32.5	3347.0	4.2	8.3	11.0	26.8	32.9	34.3	44.4
Pedasí	11.0	100.2	47.1	3330.2	4.2	8.3	10.9	31.4	44.4	59.5	46.5
Pocrí	6.6	154.1	62.4	3332.1	4.2	8.3	10.9	26.7	56.4	98.1	65.5
Tonosí	24.5	65.7	41.8	3501.0	4.3	8.5	11.2	33.0	34.8	52.2	30.9

4.2. Variables estudiadas con equipos portátiles

4.2.1. Prueba de t-Student para pH

Según los resultados obtenidos mediante la prueba t para muestras pareadas se demuestra la existencia de una diferencia estadísticamente significativa entre las mediciones de pH realizadas con el equipo portátil y aquellas obtenidas con el equipo de laboratorio.

El estadístico t calculado (-5.3807) supera en magnitud al valor crítico (1.9726) para un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, y el p-valor asociado ($2.19024E-07$) es considerablemente menor que dicho nivel de significancia. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias, lo que indica que los valores de pH registrados por ambos equipos no coinciden completamente cuando se analizan muestras emparejadas.

El coeficiente de correlación de Pearson obtenido (0.7638) evidencia la existencia de una relación lineal positiva (moderada a fuerte) entre los valores de pH medidos por ambos métodos. Sin embargo, esta correlación no garantiza un acuerdo absoluto entre las mediciones, sino que únicamente refleja que, a medida que los valores de pH aumentan en un equipo, también tienden a incrementarse en el otro (Tabla 17).

Tabla 17.*Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para pH*

	<i>pH 1</i>	<i>pH 2</i>
Media	7.420634921	7.55291005
Varianza	0.273986829	0.15250478
Observaciones	189	189
Coeficiente de correlación de Pearson	0.763831733	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	188	
Estadístico t	-5.38072056	
P(T<=t) una cola	1.09512E-07	
Valor crítico de t (una cola)	1.652999113	
P(T<=t) dos colas	2.19024E-07	
Valor crítico de t (dos colas)	1.972662692	

4.2.2. Prueba de t-Student para CE

Los resultados de la prueba t para muestras pareadas aplicada a los valores de conductividad eléctrica (CE) medidos con el equipo de laboratorio (CE 1) y el equipo portátil (CE 2) indican que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre ambos métodos de medición. La media registrada por el equipo de laboratorio fue de 500.46 $\mu\text{S/cm}$, mientras que la media obtenida con el equipo portátil fue de 500.26 $\mu\text{S/cm}$, lo que indicó valores muy similares entre ambos instrumentos.

El estadístico t calculado fue de 0.0415, el cual es menor en magnitud que el valor crítico de 1.9726 para un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Asimismo, el p-valor obtenido (0.9669) es considerablemente mayor que 0.05, por lo que no se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias. Estos resultados confirman que las mediciones de CE realizadas con el equipo portátil y el equipo de laboratorio

no presentan diferencias significativas cuando se analizan muestras emparejadas. El coeficiente de correlación de Pearson fue de 0.9829, lo que indica una relación lineal positiva muy fuerte entre las mediciones obtenidas por ambos métodos.

La fuerte correlación observada coincide con lo señalado por Bland & Altman (1986), quienes indican que una alta correlación entre métodos sugiere una buena relación lineal; sin embargo, en este caso, la prueba t confirma además que existe concordancia estadística en las medias, fortaleciendo la validez del equipo portátil (Tabla 18).

Tabla 18.

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para Conductividad

	CE ($\mu\text{S/cm}$) 1	CE ($\mu\text{S/cm}$) 2
Media	500.4550265	500.2554497
Varianza	124827.0222	112556.9654
Observaciones	189	189
Coeficiente de correlación de Pearson	0.982935555	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	188	
Estadístico t	0.041539512	
P(T<=t) una cola	0.483454938	
Valor crítico de t (una cola)	1.652999113	
P(T<=t) dos colas	0.966909877	
Valor crítico de t (dos colas)	1.972662692	

4.2.3. Prueba de t-Student para TDS

Los resultados de la prueba t para muestras pareadas aplicada a los valores de sólidos disueltos totales (TDS) medidos con el equipo de laboratorio (TDS 1) y el equipo portátil (TDS 2) indican la existencia de una diferencia estadísticamente significativa entre ambos métodos de medición. La media de

TDS registrada por el equipo de laboratorio fue de 356.77 mg/L, mientras que el equipo portátil registró una media inferior de 341.31 mg/L.

El estadístico t obtenido fue de 4.4113, valor que supera en magnitud al valor crítico de 1.9726 para un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Asimismo, el p-valor calculado (1.72762E-05) es considerablemente menor que 0.05, lo que permite rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias. Estos resultados evidencian que las mediciones de TDS realizadas con ambos equipos no son equivalentes cuando se analizan muestras emparejadas.

El coeficiente de correlación de Pearson fue de 0.9821, lo que indica una relación lineal positiva muy fuerte entre las mediciones obtenidas por ambos métodos (Tabla 19).

Tabla 19.

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para TDS

	<i>TDS (mg/L) 1</i>	<i>TDS (mg/L) 2</i>
Media	356.7666667	341.311164
Varianza	63481.05649	57290.69128
Observaciones	189	189
Coeficiente de correlación de Pearson	0.982080868	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	188	
Estadístico t	4.411303183	
P(T<=t) una cola	8.63808E-06	
Valor crítico de t (una cola)	1.652999113	
P(T<=t) dos colas	1.72762E-05	
Valor crítico de t (dos colas)	1.972662692	

V. CONCLUSIONES

1. La investigación determinó que los abrevaderos son la fuente de agua más estable en la región, con un pH promedio de 6.9. Esta neutralidad es fundamental, ya que la mayoría de los plaguicidas comerciales alcanzan su mayor eficacia en medios neutros o ligeramente ácidos. Al utilizar esta fuente, se evita que el pH elevado del agua degrade o 'rompa' prematuramente el ingrediente activo del producto.
2. El análisis de los pozos reveló una Conductividad Eléctrica (CE) promedio de 673.2 $\mu\text{S/cm}$, superando el límite técnico recomendado de 500 $\mu\text{S/cm}$. Esta alta concentración de sales solubles puede interferir con la solubilidad de los polvos mojables y las suspensiones concentradas.
3. Se determinó una correlación directa entre la ubicación geográfica y las propiedades fisicoquímicas del agua. Mientras que en los distritos de Los Santos y Guararé predominan aguas con una alta carga mineral (elevados niveles de TDS), en Macaracas y Tonosí se identificaron aguas de baja mineralización o blandas. Esta variabilidad en la provincia dificulta la aplicación de protocolos estándar a lo largo del territorio Santeño; por el contrario, exige que el acondicionamiento del agua para aplicaciones fitosanitarias se gestione de forma específica por unidad de producción o distrito, garantizando así la estabilidad química y la eficacia de las mezclas.

4. Se identificaron puntos específicos en Los Santos y Las Tablas con niveles de dureza de hasta 3411.2 mg/L, clasificados como aguas extremadamente duras. En estos escenarios, el agua deja de ser un simple vehículo de transporte para convertirse en un reductor de la eficacia del plaguicida.

VI. RECOMENDACIONES

1. Exhortamos a los productores a que realicen análisis fisicoquímicos periódicos de sus fuentes de agua antes de cada ciclo de aplicación. Dado que la calidad del agua varía significativamente entre distritos, es esencial conocer los niveles de pH y conductividad eléctrica para ajustar las dosis y mezclas de forma precisa.
2. En zonas donde se detecten niveles de dureza altos se recomienda implementar el uso de agentes acidificantes y ablandadores de agua. El acondicionamiento previo del agua en el tanque de mezcla es necesario para neutralizar los cationes que inactivan los plaguicidas.
3. Para garantizar una mayor estabilidad en los caldos fitosanitarios, se sugiere el uso de aguas que tengan pH cercano a la neutralidad (7.0). En caso de utilizar aguas con alta salinidad ($CE > 500 \mu S/cm$), se recomienda diluir con fuentes menos saladas o utilizar productos formulados para aguas duras.
4. Establecer un protocolo estricto sobre el orden de adición de los insumos. El corrector de agua debe ser el primer componente en agregarse para asegurar que el ambiente químico sea el adecuado antes de incorporar el plaguicida, evitando así la degradación inmediata del producto.
5. Desarrollar capacitaciones a los agricultores que estén enfocadas en la importancia de la calidad del agua como vehículo de aplicación, debido a que un manejo inadecuado del pH y la dureza no solo incrementa los

costos de producción, sino que también genera una menor eficacia en el control de plagas y enfermedades.

6. Proponer el uso de herramientas de medición rápida en la finca, como pHmetro y conductímetros portátiles. Estas herramientas permiten la toma de decisiones en tiempo real sobre la necesidad de aplicar correctores para optimizar el uso de los recursos económicos y reducir el impacto ambiental por aplicaciones fallidas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceves, N. (2011). *El ensalitramiento de los suelos bajo riego*. México, D.F. (2ª. Edición. Biblioteca Básica de Agricultura. Colegio de Postgraduados, Mundi-Prensa). <https://blog.fundacioncolpos.org/?projects=el-ensalitramiento-de-los-suelos-bajo-riego>
- Allieri, L. & Papa, J. (2008). Efecto de la Dureza Del Agua sobre la Eficacia de Distintas Formulaciones de Glifosato. INTA - EEA Oliveros. Revista Para Mejorar la Producción 39, Soja. p. 90-91. https://aws.agroconsultasonline.com.ar/ticket.html/Agua%20y%20glifosato.pdf?op=d&ticket_id=10339&evento_id=21463
- Anchundia, W. (2019). *"Elementos químicos que afectan la calidad del agua para uso agrícola"*. [Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6009>
- Andrade, F., Taboada, M., Lema, D., Maceira, N., Echeverría, H., Posse, G., Prieto, D., Sánchez, E., Ducasse, D., Bogliani, M., Gamundi, J., Trumper, E., Frana, J., Perotti, E., Fava, F., & Mastrángelo, M. (2017). *Los desafíos de la agricultura argentina: Satisfacer las futuras demanda y reducir el impacto ambiental* (Ediciones INTA, 1ra). <https://n9.cl/rab56l>
- Ansell, R. (2014). Ion-Selective Electrodes | Water Applications. En P. Worsfold, A. Townshend y C. Poole (Eds.), *Encyclopedia of Analytical Science* (pp. 540 – 545). Academic Press.Rodriguez
- Arvensis. (2014). *Calidad del agua en tratamientos agroquímicos*. Recuperado de <https://www.arvensis.com/es/blog-calidad-del-agua-en-tratamientos>

- Aumassanne, C., & Fontanella, D. (2015). Variaciones en la conductividad eléctrica del agua para riego en la cuenca del río Colorado, Argentina. *Unidad de Extensión y Desarrollo Territorial de INTA*. <https://n9.cl/9mrtb>
- Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM). (2013). Diagnóstico Ambiental Participativo de la Subcuenca del Río Estibaná, Cuenca del Río La Villa. The Louis Berger Group, INC. – AFQ 441.115p.
- Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM). (2013). Las aguas subterráneas de la región del arco seco y la importancia de su conservación. Panamá, Panamá Editora Novo Art, S.A. <https://n9.cl/zfebdm>
- Barloza, J. 2020. *Eficacia de los reguladores de pH del agua en control de malezas en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.)* [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://n9.cl/g9pwm0>
- Bland, J. & Altman, D. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet*, 327(8476), 307–310. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(86\)90837-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(86)90837-8)
- Bojórquez, F. (2008). *Parámetros de agua de riego. Productores de Hortalizas*. Recuperado de <https://www.hortalizas.com/irrigacion/parametros-de-agua-de-riego/?amp>
- Bonells, J. (9 de noviembre de 2017). El problema de las malas hierbas. *Jardines sin fronteras*. <https://n9.cl/209izx>
- Cadena, M. (2018). *Gestión del agua para riego en prácticas de agricultura desde la complejidad ambiental*. [Fundación Universidad de América].

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7178/1/452674-2018-II-GA.pdf>

Cajaleón, L. (2020). *Determinación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua en la laguna Mancapozo, para consumo humano, La Esperanza, Amarilis - Huánuco agosto - noviembre 2019*. [Universidad de Huánuco]. <https://n9.cl/boc9m>

Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFE). (2016). *Calidad del agua en las aplicaciones*. <https://www.casafe.org/calidad-de-agua-en-las-aplicaciones/>

Carrasco, L., Beretta, A., Bassahun, D., Garcia, L., Musselli, R., Oten, R., Torres, D., Torres, Ó., & Tellechea, G. (2015). Aptitud de la calidad del agua para uso agropecuario: riego y preparación de pesticidas. *Revista INIA*, 45–48. <https://www.researchgate.net/publication/279456311>

Castañó, A., Aristizábal, M. & Gonzales, H. (2011). Requerimientos hídricos del plátano dominico hartón (*Musa AAB SIMMONDS*) en la región Santágueda, Palestina, Caldas. *Programa agronomía*. 19(1): 57 – 67. <https://shre.ink/gkkg>

Castellanos, J., Ortega, G., Grajeda, A., Vázquez A., Villalobos, S., Muñoz, R., B. Zamudio, J., Martínez, B., Hurtado, P., Vargas, S. & Enríquez, S. (2002). Changes in the quality of groundwater for agricultural use in Guanajuato. *Terra Latinoamericana*, 20 (2), 161-170. <https://n9.cl/kovy7>

Chand, K., Khoso, F., Gilal, A., Lodhi, A., Ahmed, A., Jamro, G., Otho, S., & Hajano, J. (2022). Characterization of Ground Water for Suitability as

- Insecticide Solvent for Insect Pest Management in Lower Sindh, Pakistan. *Sarhad Journal of Agriculture*, 38(1), 210–220. <https://doi.org/10.17582/JOURNAL.SJA/2022/38.1.210.220>
- CitriCaldas. (14 de agosto de 2017). Calidad del agua para aplicaciones de agroquímicos. *CitriCaldas*. <https://n9.cl/1w3it5>
- Cuvi, M. & Ruiz, D. (2022). *Evaluación de la calidad del agua para riego en las épocas seca y lluviosa de los canales Alumis, Norte, Jiménez Cevallos, Belisario Quevedo, La Martínez y el río San Juan de Patoa, ubicados en la provincia de Cotopaxi, periodo 2021-2022* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Universidad Técnica Cotopaxi <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8544>
- Del Valle, J. (2017). El agua, un recurso cada vez más estratégico. *El Agua: ¿fuente de Conflicto o Cooperación?*, 186, 71–118. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6115630>
- Diggs, H., & Parker, J. (2009). *Planning and Designing Research Animal Facilities* (J. N. Hessler, Ed.). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-369517-8.X0001-1>
- Drokasa. (2024). Influencia del pH del agua en la eficacia de los plaguicidas. <https://n9.cl/hayzp>
- Eaton, F. (1950). Significance of carbonates in irrigation waters. *Soil Science*, 69(2), 123-134. <https://doi.org/10.1097/00010694-195002000-00004>
- Fishel, F. (2022). Effects of Water pH on the Stability of Pesticides. *Extension University of Missouri*. <https://extension.missouri.edu/publications/ipm1017>

- Garcia, B. (2024). *Estudio de la sedimentación y proceso de precipitación para reducir la dureza en aguas de vertiente en el municipio Luribay* [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio UMSA. <https://n9.cl/tvsgmj>
- GolfPerú. (23 de julio de 2020). Calidad del agua e interacción con los pesticidas. *GolfPerú*. <https://n9.cl/gj6ll>
- Guerrero, J., Hernández, B., & Castellanos, L. (2021). Calidad del agua para sistemas de riego en Colombia. *Revista Ambiental Agua, Aire Y Suelo*, 12, 1–12. <https://shre.ink/gkTe>
- Hazem, M. & Pietkiewicz S. (1993). Salinity effects plant growth and other physiological proceses. *Acta Physiologiae Plantarum*. 15(2): 89-124. https://www.researchgate.net/publication/233834622_Salinity_effect_on_plant_growth_and_other_physiological_processes
- Hernández, G. (2018). *Determinar la dureza del agua en ríos y pozos y su efecto en las propiedades físico químicas de los agroquímicos en la provincia de Los Santos*. [Universidad de Panamá]. <http://up-rid.up.ac.pa/id/eprint/1604>
- Instituto de Meteorología e Higrología de Panamá (IMHPA). (2021). *Clasificación climática según W. Köppen*. <https://www.imhpa.gob.pa/es/clasificacion-climatica>.
- Instituto de Meteorología e Higrología de Panamá (IMHPA). (2023). *Datos climáticos históricos*. <https://www.imhpa.gob.pa/es/clima-historicos>.
- Jalil, E. (2020). Importancia de conocer el agua de aplicación. <https://n9.cl/bfl02v>

- Mahecha, J., Castellanos, L. & Céspedes, N. (2020). Alternativas para Suplir la Carencia de Fósforo en Fresa y Disminuir la Contaminación Ambiental en Pamplona Norte de Santander. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 10(1). <https://doi.org/10.24054/aaas.v11i1.384>
- Maps of World. (20 de diciembre de 2021). *Mapa de la Provincia de Los Santos*. Mapa de las provincias y comarcas de Panamá. <https://espanol.mapsofworld.com/continentes/norte-america/panama/provincias-y-comarcas/los-santos.html>
- Martínez, J. (2024). *Calidad del agua para riego en la producción del cultivo de banano (Musa AAA)*. [Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/17042>
- Moreno A. & Peñaranda I. (2016). *Factores que afectan la calidad de aguas de uso agrícola*. Recuperado de <https://www.metroflorcolombia.com/factores-que-afectan-la-calidad-de-aguas-de-uso-agricola/>
- Mosquera, C. (2012). *Interacciones del Herbicida Fomesafen con la adición del regulador de pH Sinercid- Buffer* [Tesis de pregrado, Universidad Zamorano]. Biblioteca Digital Zamorano. <https://n9.cl/j6pe3>
- Mueller, T. & Steckel, L. (2019). Spray mixture pH as affected by dicamba, glyphosate, and spray additives. *Technology*, 33(4), 547-554. <https://doi.org/10.1017/wet.2019.40>
- Nicolli, H., Bundschuh, J., Blanco, M., Tujchneider, O., Panarello, H., Dapeña, C., & Rusansky, J. (2012). Arsenic and associated trace-elements in groundwater from the Chaco-Pampean plain, Argentina: Results from 100

- years of research. *Science of the Total Environment*, 429, 36–56.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.04.048>
- Obando, J. (2023). Medición y corrección del pH y dureza del agua para mejorar la eficiencia de productos fitosanitarios en el Norte Chico [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Latinoamericano. <https://n9.cl/ifspux>
- Park, D. y Juang, J. (2014). *Carrier water quality Influences pesticide stability*. Clemson. University, South Carolina. <https://n9.cl/qqnkmr>
- Pochteca Perú. (2024). *Agua en la agricultura: ácidos y alcalinidad*. <https://n9.cl/2oum2>
- Ranjbar, S., Allahyari, H., Talebi, K. y Heidari, A. (2021). The influence of water hardness and pH on the toxicity of insecticides on Bemisia tabaci. *Applied Entomology and Phytopathology*, 89(1), 103-115.
<https://doi.org/10.22092/jaep.2020.342198.1333>
- Rodríguez, N. (2012). *Calidad de agua y agroquímicos*. Agronort S.A.
<https://n9.cl/yvdqc>
- Roskamp, J., Turco, R., Bischoff, M. & Johnson, W. (2013). The influence of carrier water pH and hardness on Saflufenacil efficacy and solubility. *Weed Technology*, 27(3), 527 – 533. <https://www.jstor.org/stable/43702633>
- Sarmah, A. & Sabadie, J. (2002). Hydrolysis of Sulfonylurea Herbicides in Soils and Aqueous Solutions: a Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(22), 6253 – 6265.
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf025575p>

- Solís, Y., Zúñiga, L. & Mora, D. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*. 31(1) pp. 35-46. <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495>.
- Suárez, L. (2022). *“Eficacia de los coadyuvantes en los agroquímicos para el cultivo de maíz (Zea mays L.)”* [Universidad Técnica de Babahoyo]. <https://n9.cl/m732r>
- Tharp, C. & Sigler, A. (2013). Pesticide Performance and Water Quality. *Montana State University Extension*. p. 1-4 <https://n9.cl/h8nsn>
- Thelen, K., Jackson, E., & Penner, D. (1995). The Basis for the Hard-Water Antagonism of Glyphosate Activity. *Weed Science*, 43(4), 541–548. <https://www.jstor.org/stable/4045809>
- Trujillo, J., Caballero, J. & Ramón, J. (2019). Determinación de las concentraciones de metales pesados presentes en el material particulado PM10 del municipio de San José de Cúcuta, Norte de Santander. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 10(1). <https://doi.org/10.24054/aaas.v10i1.402>
- Villacís, E. (2024). *Calidad del agua y su influencia en la eficacia de productos pesticidas*. [Universidad Técnica De Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/17104>
- Vivot, E., Rugna, C., Gieco, A., Sánchez, C., Ormaechea, V., & Sequin, C. (2010). Calidad del agua subterránea para usos agropecuarios en el departamento Villaguay, Entre Ríos Quality of groundwater for agricultural uses in

Villaguay department, Entre Ríos. *AUGMDOMUS*, 2, 1–15.

<http://revistas.unlp.edu.ar/index.php/domus/issue/current/showtoc>

VIII. ANEXOS

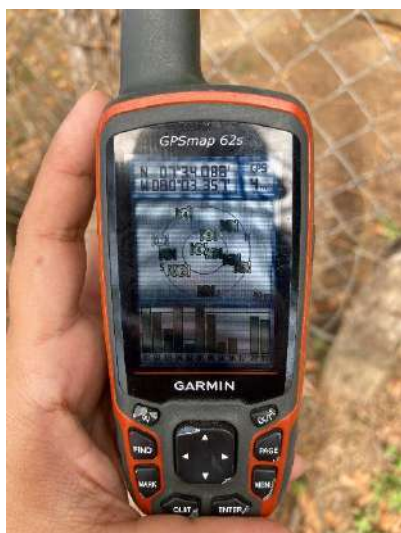
Anexo 1

Envases utilizados para la recolección de las muestras



Anexo 2

Dispositivo GPS portátil para la toma de las coordenadas en tiempo real



Anexo 3

Recolección de muestras de agua de pozos



Nota. Muestras de aguas obtenidas de pozo ubicados en diferentes localidades. (A) La Espigadilla, (B) La Villa, (C) El Espinal, (D) Peña Blanca.

Anexo 4

Recolección de agua de ríos



Nota. Muestras de aguas obtenidas de ríos ubicados en diferentes localidades. (A) San José, (B) Flores.

Anexo 5

Recolección de agua de quebradas



Nota. Muestras de aguas obtenidas de quebradas ubicadas en diferentes localidades. (A) San José, (B) El Ejido.

Anexo 6

Recolección de agua de abrevadero



Nota. Muestras de aguas obtenidas de abrevaderos ubicados en diferentes localidades. (A) La Pasera, (B) Mariabé.

Anexo 7

Puntos de muestreo correspondientes a las muestras de agua recolectadas en pozos

Muestra	Localidad	Distrito	Coordenadas		Altura
#3	La Espigadilla	Los Santos	N07°52.984'	W080°23.498'	60 m
#7	Las Cruces	Los Santos	N07°50.165'	W080°25.165'	91 m
#9	Las Cruces	Los Santos	N07°49.672'	W080°26.241'	83 m
#14	San Luis	Los Santos	N07°51.623'	W080°30.556'	79 m
#18	Los Olivos	Los Santos	N07°55.082'	W080°28.678'	31 m
#20	Villa Lourdes	Los Santos	N07°48.721'	W080°28.225'	90 m
#23	Corozal	Macaracas	N07°44.138'	W080°27.020'	195 m
#35	La Villa	Los Santos	N07°56.435'	W080°25.066'	19 m
#36	La Villa	Los Santos	N07°56.452'	W080°29.091'	15 m
#39	El Tollado	Los Santos	N07°56.376'	W080°22.005'	18 m
#41	El Aromo	Los Santos	N07°54.629'	W080°21.507'	25 m

Continuación...

Continuación...

#44	Las Lomitas	Los Santos	N07°52.005'	W080°22.483'	47 m
#46	Cañazas	Los Santos	N07°48.896'	W080°23.529'	48 m
#49	Guararé Arriba	Guararé	N07°49.133'	W080°21.864'	57 m
#57	Jagua	Los Santos	N07°51.470'	W080°20.819'	33 m
#59	El Dormilón	Los Santos	N07°52.533'	W080°20.662'	32 m
#62	El Lagartillo	Los Santos	N07°52.827'	W080°19.089'	17 m
#64	El Espinal	Guararé	N07°51.839'	W080°19.627'	27 m
#67	El Chumajal	Guararé	N07°49.973'	W080°18.593'	26 m
#72	El Nanzal	Guararé	N07°48.535'	W080°19.344'	38 m
#75	La Pasera	Guararé	N07°47.293'	W080°19.152'	27 m
#79	Montero	Guararé	N07°48.409'	W080°17.070'	38 m
#80	Guararé	Guararé	N07°49.554'	W080°17.159'	30 m
#81	Montero	Guararé	N07°48.301'	W080°17.404'	26 m
#82	Montero	Guararé	N07°48.015'	W080°17.264'	42 m
#83	La Enea	Guararé	N07°49.991'	W080°17.488'	46 m
#84	La Enea	Guararé	N07°50.416'	W080°16.433'	33 m
#86	Guararé	Guararé	N07°49.726'	W080°15.860'	31 m
#90	Tablas Abajo	Las Tablas	N07°48.247'	W080°14.167'	42 m
#93	Manantial	Las Tablas	N07°47.834'	W080°13.264'	23 m
#94	Manantial	Las Tablas	N07°47.702'	W080°13.551'	24 m
#95	Palma Grande	Las Tablas	N07°46.128'	W080°14.185'	43 m
#96	Palma Grande	Las Tablas	N07°46.101'	W080°14.176'	37 m
#98	Santo Domingo	Las Tablas	N07°44.493'	W080°13.395'	34 m
#100	San José	Las Tablas	N07°42.796'	W080°13.109'	35 m
#102	San José	Las Tablas	N07°41.723'	W080°13.670'	48 m
#103	San José	Las Tablas	N07°41.361'	W080°13.839'	54 m
#105	El Guabo	Las Tablas	N07°38.295'	W080°15.614'	150 m
#109	San José	Las Tablas	N07°40.171'	W080°15.142'	74 m
#111	El Salaito	Las Tablas	N07°39.880'	W080°13.504'	55 m
#116	La Candelaria	Pocrí	N07°42.027'	W080°10.193'	52 m
#117	La Candelaria	Pocrí	N07°42.406'	W080°10.554'	38 m
#118	La Candelaria	Pocrí	N07°43.416'	W080°09.651'	31 m

Continuación...

Continuación...

#120	La Candelaria	Pocrí	N07°44.075'	W080°09.075'	41 m
#121	La Candelaria	Pocrí	N07°45.044'	W080°09.221'	29 m
#122	Paraíso	Pocrí	N07°41.102'	W080°10.147'	49 m
#124	Nuevo Ocú	Pocrí	N07°41.282'	W080°08.996'	46 m
#127	Pocrí	Pocrí	N07°39.850'	W080°07.286'	51 m
#128	Pocrí	Pocrí	N07°39.795'	W080°07.246'	51 m
#130	Pocrí	Pocrí	N07°40.251'	W080°05.662'	37 m
#131	Pocrí	Pocrí	N07°38.883'	W080°04.844'	27 m
#134	Paritilla	Pocrí	N07°39.019'	W080°07.252'	62 m
#135	Paritilla	Pocrí	N07°38.935'	W080°07.345'	69 m
#138	Paritilla	Pocrí	N07°37.927'	W080°10.062'	75 m
#139	Paritilla	Pocrí	N07°37.900'	W080°10.447'	72 m
#141	Paritilla	Pocrí	N07°38.178'	W080°09.168'	55 m
#145	Buenos Aires	Pedasí	N07°34.546'	W080°06.221'	73 m
#146	Buenos Aires	Pedasí	N07°34.673'	W080°05.869'	67 m
#147	Purio	Pedasí	N07°35.814'	W080°04.544'	52 m
#148	Mariabé	Pedasí	N07°35.269'	W080°04.191'	51 m
#152	Purio	Pedasí	N07°37.294'	W080°06.197'	50 m
#153	Peña Blanca	Las Tablas	N07°43.102'	W080°17.131'	79 m
#154	Peña Blanca	Las Tablas	N07°43.119'	W080°17.109'	86 m
#155	Peña Blanca	Las Tablas	N07°43.376'	W080°17.245'	86 m
#156	Quindio	Pedasí	N07°34.249'	W080°03.729'	47 m
#158	Pedasí	Pedasí	N07°34.088'	W080°03.357'	59 m
#160	Pedasí	Pedasí	N07°33.016'	W080°01.694'	39 m
#161	El Limón	Pedasí	N07°30.469'	W080°02.269'	77 m
#162	Los Destiladeros	Pedasí	N07°28.683'	W080°02.812'	61 m
#164	Flores	Tonosí	N07°28.807'	W080°24.408'	39 m
#166	Flores	Tonosí	N07°28.384'	W080°24.417'	39 m
#167	Flores	Tonosí	N07°27.886'	W080°24.059'	45 m
#169	El Cacao	Tonosí	N07°26.980'	W080°24.207'	34 m
#170	El Cacao	Tonosí	N07°26.470'	W080°24.469'	6 m
#172	Tonosí	Tonosí	N07°22.635'	W080°26.438'	35 m

Continuación...

Continuación...

#174	La Bonita	Tonosí	N07°23.368'	W080°27.973'	55 m
#176	La Palma	Tonosí	N07°26.432'	W080°29.816'	56 m
#178	Las Peñas	Los Santos	N07°54.819'	W080°24.928'	43 m
#179	Llano Largo	Los Santos	N07°54.206'	W080°25.513'	71 m
#182	La Yeguita	Los Santos	N07°53.842'	W080°25.425'	3 m
#183	Llano Largo	Los Santos	N07°54.284'	W080°25.555'	3 m
#185	Jobo Dulce	Los Santos	N07°54.274'	W080°26.101'	67 m
#187	Jobo Dulce	Los Santos	N07°52.994'	W080°27.199'	87 m
#188	Jobo Dulce	Los Santos	N07°52.781'	W080°27.428'	116 m
#189	Jobo Dulce	Los Santos	N07°52.493'	W080°27.311'	11 m
#190	El Ejido	Los Santos	N07°54.680'	W080°22.064'	45 m
#191	El Ejido	Los Santos	N07°54.652'	W080°22.108'	46 m

Anexo 8

Puntos de muestreo correspondientes a las muestras de agua recolectadas en ríos

Muestra	Localidad	Distrito	Coordenadas		Altura
#26	Macaracas	Macaracas	N07°44.794'	W080°31.871'	74 m
#30	La Taguara	Macaracas	N07°44.058'	W080°33.420'	70 m
#32	La Colorada	Macaracas	N07°49.490'	W080°32.280'	40 m
#34	San Luis	Los Santos	N07°52.388'	W080°32.037'	26 m
#37	La Villa	Los Santos	N07°56.548'	W080°25.162'	18 m
#73	Guararé	Guararé	N07°49.824'	W080°17.960'	21 m
#165	Flores	Tonosí	N07°28.586'	W080°24.657'	27 m
#177	Boca de Quema	Tonosí	N07°31.268'	W080°34.500'	96 m
#163	Los Destiladeros	Pedasí	N07°28.916'	W080°02.523'	36 m
#50	El Hato	Guararé	N07°48.148'	W080°21.974'	20 m
#54	Llano Abajo	Guararé	N07°48.125'	W080°24.623'	49 m
#71	El Nanzal	Guararé	N07°48.279'	W080°18.888'	17 m
#115	Santo Domingo	Las Tablas	N07°43.396'	W080°13.129'	27 m

Continuación...

Continuación...

#142	Lajamina	Pocrí	N07°36.702' W080°07.467'	29 m
#159	Pedasí	Pedasí	N07°33.354' W080°01.958'	27 m
#78	La Pasera	Guararé	N07°45.677' W080°19.750'	52 m
#126	Pocrí	Pocrí	N07°39.870' W080°07.130'	26 m
#144	Buenos Aires	Pedasí	N07°35.044' W080°07.161'	25 m
#151	Purio	Pedasí	N07°37.160' W080°05.463'	31 m
#114	San José	Las Tablas	N07°42.404' W080°12.679'	19 m
#171	Tonosí	Tonosí	N07°24.180' W080°26.564'	24 m

Anexo 9

Puntos de muestreo correspondientes a las muestras de agua recolectadas en quebradas

Muestra	Localidad	Distrito	Coordenadas	Altura
#1	La Espigadilla	Los Santos	N07°54.105' W080°22.838'	36 m
#5	Tres Quebradas	Los Santos	N07°51.078' W080°23.819'	71 m
#6	Agua Buena	Los Santos	N07°50.381' W080°24.534'	67 m
#8	Las Cruces	Los Santos	N07°49.764' W080°26.008'	83 m
#11	Villa Lourdes	Los Santos	N07°49.949' W080°27.944'	66 m
#13	La Mina	Los Santos	N07°50.714' W080°29.583'	55 m
#15	La Villa	Los Santos	N07°55.534' W080°25.847'	45 m
#17	El Bongo	Los Santos	N07°55.141' W080°28.420'	28 m
#19	Los Olivos	Los Santos	N07°54.680' W080°29.285'	32 m
#22	Corozal	Macaracas	N07°44.990' W080°27.419'	134 m
#24	Bahía Honda	Macaracas	N07°42.505' W080°26.713'	217 m
#25	Los Leales	Macaracas	N07°45.306' W080°30.840'	87 m
#27	Macaracas	Macaracas	N07°42.047' W080°33.158'	108 m
#29	Bombachito	Macaracas	N07°38.354' W080°34.563'	136 m
#43	Los Ángeles	Los Santos	N07°54.073' W080°21.059'	21 m
#45	Cañazas	Los Santos	N07°49.266' W080°23.845'	63 m
#48	Sabanagrande	Los Santos	N07°49.296' W080°21.942'	57 m

Continuación...

Continuación...

#51	El Hato	Guararé	N07°47.725'	W080°22.584'	33 m
#53	Llano Abajo	Guararé	N07°47.976'	W080°23.971'	34 m
#55	Sabanagrande	Los Santos	N07°50.526'	W080°21.974'	36 m
#58	El Dormilón	Los Santos	N07°53.014'	W080°20.949'	22 m
#61	El Ejido	Los Santos	N07°53.021'	W080°19.543'	20 m
#66	El Espinal	Guararé	N07°51.994'	W080°19.784'	44 m
#69	La Loma	Guararé	N07°50.086'	W080°20.509'	30 m
#74	La Pasera	Guararé	N07°48.471'	W080°17.379'	22 m
#77	La Pasera	Guararé	N07°46.255'	W080°19.486'	31 m
#88	Guararé	Guararé	N07°49.163'	W080°15.586'	27 m
#107	Bajo Corral	Las Tablas	N07°36.745'	W080°15.458'	213 m
#108	San José	Las Tablas	N07°39.633'	W080°15.233'	86 m
#110	San José	Las Tablas	N07°40.462'	W080°14.034'	38 m
#113	La Palma	Las Tablas	N07°41.307'	W080°12.171'	31 m
#123	Paraíso	Pocrí	N07°41.587'	W080°09.745'	41 m
#140	Paritilla	Pocrí	N07°37.936'	W080°10.735'	63 m
#143	Lajamina	Pocrí	N07°35.270'	W080°07.507'	48 m
#149	Mariabé	Pedasí	N07°34.975'	W080°03.506'	42 m
#157	Quindío	Pedasí	N07°33.190'	W080°04.256'	55 m
#173	La Bonita	Tonosí	N07°23.184'	W080°27.576'	53 m
#175	Buenos Aires	Tonosí	N07°23.764'	W080°28.778'	57 m
#184	Jobo Dulce	Los Santos	N07°53.993'	W080°26.351'	5 m
#186	Jobo Dulce	Los Santos	N07°53.056'	W080°27.013'	103 m

Anexo 10

Puntos de muestreo correspondientes a las muestras de agua recolectadas en abrevaderos

Muestra	Localidad	Distrito	Coordenadas	Altura
#2	Circunv. El Coto	Los Santos	N07°54.049' W080°23.096'	39 m
#4	Tres Quebradas	Los Santos	N07°51.692' W080°23.480'	86 m

Continuación...

Continuación...

#10	Villa Lourdes	Los Santos	N07°49.789'	W080°27.740'	76 m
#12	La Mina	Los Santos	N07°50.552'	W080°28.710'	65 m
#16	San Agustín	Los Santos	N07°55.496'	W080°25.906'	37 m
#21	Villa Lourdes	Los Santos	N07°47.141'	W080°28.874'	113 m
#28	Llano de Piedra	Macaracas	N07°39.196'	W080°33.716'	166 m
#31	Chupá	Macaracas	N07°45.894'	W080°33.786'	80 m
#33	La Colorada	Macaracas	N07°50.878'	W080°31.088'	60 m
#38	El Tollado	Los Santos	N07°56.977'	W080°22.861'	16 m
#40	Santa Ana	Los Santos	N07°56.685'	W080°21.383'	16 m
#42	El Aromo	Los Santos	N07°55.324'	W080°21.292'	21 m
#47	Las Zatras	Los Santos	N07°49.648'	W080°22.928'	57 m
#52	El Hato	Guararé	N07°47.339'	W080°22.919'	54 m
#56	Sabana Grande Abajo	Los Santos	N07°50.827'	W080°20.950'	33 m
#60	El Dormilón	Los Santos	N07°52.556'	W080°20.585'	42 m
#63	El Lagartillo	Los Santos	N07°52.899'	W080°19.064'	12 m
#65	El Espinal	Guararé	N07°51.874'	W080°19.560'	33 m
#68	El Chumajal	Guararé	N07°49.833'	W080°18.833'	33 m
#70	El Nanzal	Guararé	N07°48.443'	W080°20.353'	34 m
#76	La Pasera	Guararé	N07°47.229'	W080°19.106'	38 m
#85	La Enea	Guararé	N07°50.426'	W080°16.453'	29 m
#87	Guararé	Guararé	N07°49.124'	W080°16.055'	31 m
#89	Tablas Abajo	Las Tablas	N07°47.792'	W080°15.194'	45 m
#91	Tablas Abajo	Las Tablas	N07°48.742'	W080°13.545'	24 m
#92	Manantial	Las Tablas	N07°47.774'	W080°13.535'	17 m
#97	Palma Grande	Las Tablas	N07°46.103'	W080°13.727'	33 m
#99	Santo Domingo	Las Tablas	N07°44.501'	W080°13.391'	39 m
#101	San José	Las Tablas	N07°42.354'	W080°13.559'	23 m
#104	San José	Las Tablas	N07°41.004'	W080°15.052'	60 m
#106	El Guabo	Las Tablas	N07°38.194'	W080°15.524'	137 m
#112	El Salaito	Las Tablas	N07°40.479'	W080°13.118'	55 m
#119	La Candelaria	Pocrí	N07°43.581'	W080°09.441'	37 m
#125	Nuevo Ocú	Pocrí	N07°40.606'	W080°09.173'	49 m

Continuación...

Continuación...

#129	Pocrí	Pocrí	N07°40.008'	W080°05.986'	35 m
#132	La Palma	Las Tablas	N07°40.854'	W080°11.413'	51 m
#133	La Palma	Las Tablas	N07°39.965'	W080°11.940'	48 m
#136	Paritilla	Pocrí	N07°38.884'	W080°07.420'	67 m
#137	Paritilla	Pocrí	N07°38.250'	W080°08.980'	57 m
#150	Mariabé	Pedasí	N07°34.884'	W080°03.062'	48 m
#168	Flores	Tonosí	N07°27.867'	W080°24.090'	37 m
#180	Llano Largo	Los Santos	N07°53.899'	W080°25.418'	84 m
#181	La Yeguita	Los Santos	N07°53.525'	W080°25.508'	128 m
