



**Dinámica del agua e iones en solución en zona de raíces y su relación con la
partición del balance hídrico y las buenas prácticas agrícolas en fincas de
Banano ubicadas en Urabá, Colombia**

ANDRÉS FELIPE GARCÍA ZAPATA

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGISTER EN
GESTIÓN AMBIENTAL**

Directora:

Dra. TERESITA BETANCUR VARGAS

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL
Modalidad virtual
MEDELLÍN, diciembre 2024**

Cita	(García Zapata, 2024)
Referencia	García Zapata A. (2018). <i>Dinámica del agua e iones en solución en zona de raíces y su relación con la partición del balance hídrico y las buenas prácticas agrícolas en fincas de Banano ubicadas en Urabá, Colombia</i> . [Tesis de maestría]. Universidad de Antioquia, Apartadó, Colombia.



Maestría en Gestión Ambiental,
 Grupo de Investigación Ingeniería y Gestión Ambiental (GIGA).



Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

RESUMEN

La agroindustria bananera es la principal actividad económica de la región de Urabá, en 2021 generó divisas por 548 millones de USD. El cultivo usa el 78% del agua subterránea que se extrae del Acuífero del Golfo de Urabá (ACGU) y ocupa el 35% de la zona de recarga directa. Esta cobertura genera conflictos, afectando calidad y cantidad de la recarga. El objetivo de esta investigación fue evaluar el impacto del cultivo de banano en la partición del balance hídrico y la calidad de agua del acuífero del Golfo de Urabá. La investigación se realizó en fincas bananeras ubicadas sobre el acuífero, en un año hidrológico, comprendido entre julio 2021 y junio 2022. La investigación se realizó en 6 fincas con estaciones meteorológicas, 3 con estaciones de humedad, 19 con análisis nutricional y 23 fincas con análisis de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA). Las variables que se evaluaron son: Precipitación (mm), temperatura del aire (T°C), humedad relativa (%), radiación (W/m²), velocidad del viento (m/s). Se extrajo evapotranspiración (mm), calculada con el método de la FAO Penman-Monteith, % humedad en el área de raíces a 9 profundidades; se tomaron análisis de la solución de suelos con las siguiente variables: pH, CE, nitratos (NO₃⁻), fosfatos (H₂PO₄⁻), cloruros (Cl⁻), sulfatos (SO₄²⁻), amonio (NH₄⁺), calcio (Ca²⁺), magnesio (Mg²⁺), potasio (K⁺), sodio (Na⁺), Boro (B), zinc (Zn), manganeso (Mn)) y, también, análisis foliares midiendo parámetros de: nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), cloro (CL), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y aluminio (Al). En el año hidrológico evaluado se encontró que, la recarga fluctuó entre 863 mm/año y 1322 mm/año; el mayor valor de la recarga se dio hacia el oeste. La partición del balance se distribuyó así: 30% se va en escorrentía, el 39 % en la evapotranspiración del cultivo y un 31% quedó disponible para recarga. La actividad de las raíces se concentra de 10 cm a 30 cm de la profundidad. No se encontró migración de iones a más de 40 cm, ubicándose en la zona de exploración de las raíces. Las fincas bananeras implementan BPA, lo que reduce el impacto ambiental; sin embargo, factores de baja eficiencia de los fertilizantes aplicados, poco aprovechamiento del agua en el perfil del suelo, incrementa la huella ambiental del cultivo y reduce la productividad.

Palabras claves: Banano, acuífero, buenas prácticas agrícolas (BPA), huella ambiental, recarga.

ABSTRACT

Banana agroindustry is the most important activity in the Uraba Region. In 2021 generated currency by 548 million of dollars. The crop uses the 78% of the water of the aquifer of Uraba gulf, and cover the 35% of the direct recharge zone. The Banana crops cause conflicts of use of the natural resources; this cover affecting the quality and quality of the available water. The propose of this study was quantify the impact of the banana crop in the water balance partitioning and the quality of the water of the aquifer. The research was conducted in banana farms above of the aquifer, during a hydrological year, between July 2021 to June 2022. In the study was used information of six farms with climate stations, three with humidity stations, in 19 farms we take nutritional information and in 23 farms was conducted surveys of better agriculture practices. The variables evaluated were: precipitation, air temperature, relative humidity, radiation, wind speed. Was calculated: evapotranspiration, estimated with Penmann- Montheith FAO method, percent of humidity in the roots area using nine sensors every ten centimeters; soil solution analysis were taken with the next variables: pH, EC, nitrates (NO_3^-), phosphates (H_2PO_4^-), chloride (Cl^-), sulfates (SO_4^{2-}), ammonia (NH_4^+), calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), potassium (K^+), sodium (Na^+), Boron (B), zinc (Zn), manganese (Mn)); also, foliar tissue test were taken reporting the follow variables: nitrogen (N), phosphorus (P), sulfur (S), chloride (Cl), calcium (Ca), magnesium (Mg), potassium (K), sodium (Na), boron (B), copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn), molybdenum (Mo) y aluminum (Al). In the hydrological year evaluated, was found that the recharge fluctuated between 863 mm/year to 1322 mm/year; the higher value of the recharge was found in the west of the study area. Water balance partitioning distribution was: 30% of run-off, 39 % was crop evapotranspiration, and the 31% of the remaining was recharge. The root activity was active in 10 centimeters to 40 centimeters. Don't were found increase of nutritional ions at a greater depth than 40 cm, locating in the root exploration area. The banana farms implement good agriculture practices; however, the low efficiency of the fertilizers applied and the shallowness of the roots, reduce the productivity of the banana crops and increase the Ambiental footprint of these plantations.

Keywords: Banana, aquifer, good agricultural practices, environmental footprint, recharge.

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN	6
2. METODOLOGIA	15
2.1 Estación meteorológica	18
2.2 Estación de humedad del Suelo	18
2.3 Medición de la partición del Balance hídrico.....	19
2.4 Sondas lisimétricas y muestreo foliar	21
2.5 Caracterización de prácticas de manejo agronómicas y ambientales.....	23
3. RESULTADOS	26
3.1 Partición del balance hídrico	26
3.2 Monitoreo de la humedad del suelo.....	32
3.3 Caracterización de iones en zona de raíces	36
3.4 Análisis foliares	39
3.5 Buenas prácticas agrícolas	41
4. DISCUSIÓN	45
5. CONCLUSIONES	48
6. RECOMENDACIONES	49
7. REFERENCIAS	50
ANEXOS	
ANEXO 1. Análisis de solución de suelos.....	55
ANEXO 2. Análisis Foliares.....	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Componentes que afectan la evapotranspiración de cultivo de Banano. Tomado de Allen (2006).	10
Figura 2: Ubicación de la zona de estudio, mapa del Acuífero de Urabá y el área cubierta en Banano, aproximadamente el 35% de la superficie	11
Figura 3: Mapa de distribución de las fincas con estaciones de clima y humedad, seguimiento de fertilización y encuestas de BPA	16
Figura 4: Esquema metodológico para la definición del impacto en la partición del balance hídrico	17
Figura 5: Estación de humedad i METOS 3.3. con sus componentes básicos. fuente METOS user manual.	18

Figura 6: Esquema de ubicación de las variables y equipos en la plantación de banano	24
Figura 7: Distribución de la precipitación diaria promedio de las seis estaciones.	27
Figura 8: Evapotranspiración diaria promedio en el área de estudio.	28
Figura 9: Distribución anual de la escorrentía.	28
Figura 10: Mapa de distribución espacial de la precipitación (A), la escorrentía (B) y la evapotranspiración (C) del cultivo de Banano entre julio de 2021 y junio de 2022 (valores en mm/año).	29
Figura 11: Mapa de distribución de la recarga potencial en la cobertura de banano entre julio de 2021 y junio de 2022 (valores en mm/año)	30
Figura 12: Distribución temporal de la recarga.	31
Figura 13: Partición del balance hídrico	32
Figura 14: Seguimiento a la humedad del suelo y precipitación, a escala diaria zona sur.	33
Figura 15: Seguimiento a la humedad del suelo y precipitación, a escala horaria zona sur	34
Figura 16: Seguimiento a la humedad del suelo y precipitación, a escala diaria zona centro	35
Figura 17: Seguimiento a la humedad del suelo y precipitación, a escala diaria zona norte	35
Figura 18: Comparación de medias de las variables con diferencias significativas. nitratos, (A) calcio, (B) magnesio (C), potasio, (D), C.E. (E), pH (F)	37
Figura 19: Análisis de correlación y análisis de componentes principales de soluciones de suelos en zona de raíces	38
Figura 20: Índices de suficiencia relativa en tejido foliar. Este análisis se hace de acuerdo al nivel mínimo en hoja de banano	40
Figura 21: Componentes principales de los análisis foliares.	40
Figura 22: Correlaciones y medias de las eficiencias de nutrientes, relacionado con el potencial productivo	43

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de estaciones de clima y humedad.	19
Tabla 2: Partición del balance hídrico por cada estación	29
Tabla 3: Clasificación de prácticas del manejo del suelo en las fincas entrevistadas en la región de Urabá	43
Tabla 4: Clasificación de prácticas del manejo del uso del agua en las fincas entrevistadas en la región de Urabá	43
Tabla 5: Clasificación de prácticas del manejo de plaguicidas en las fincas entrevistadas en la región de Urabá	44

1. INTRODUCCIÓN

El banano es la fruta más producida y comercializada en el mundo (FAOSTAT, 2022). Es producida en países tropicales, generalmente en llanuras aluviales.

En Colombia, las exportaciones de banano en el año 2021 sumaron US 898 millones, con un total de 111 millones de cajas, decreciendo un 2% en valor y aumentando un 1% en volumen frente a lo exportado en el año 2020 (Asociación de Bananeros de Colombia -AUGURA, 2022). Las hectáreas sembradas de banano en Colombia en el año 2021 fueron 52.270 aumentando en 816 hectáreas con respecto al año 2020 cuando fueron 51.454. Este crecimiento se notó especialmente en la región del Magdalena, Guajira y Cesar. La productividad promedio en 2021 fue de 2.124 cajas/Ha, inferior a tan solo 10 cajas por hectáreas respecto al 2020, cuando fue de 2.134 cajas/Ha (AUGURA, 2022). Esta disminución se debió principalmente al comportamiento del clima especialmente en la región de Urabá, estas condiciones climáticas adversas para el cultivo se mantuvieron en el primer semestre de 2022.

El cultivo de banano es la principal actividad económica de la zona de Urabá, en 2021 se exportaron un total de 69.700.000 cajas, en un área de 34.770 Hectáreas y se generaron divisas por 548 millones de USD (AUGURA, 2022). Para la producción de este volumen de cajas de banano, se consumen recursos hídricos de forma directa y se impactan indirectamente. En zonas bananeras del mundo, el consumo de agua está representado en riego y procesamiento de fruta postcosecha.

La región de Urabá está situada al noreste de Colombia, tiene una extensión de 2.129 km², está ubicada entre la serranía del Abibe, el río León y sus humedales y el mar Caribe; en ella se emplazan los municipios de Chigorodó, Carepa, Apartadó y Turbo. En este entorno geográfico existe un sistema acuífero multicapa constituido por una capa libre y una serie alternada de capas permeables, semipermeables e impermeables, estas tienen el carácter de acuífero confinado; a este sistema hidrogeológico se le ha denominado Acuífero del Golfo de Urabá -ACGU- (Corpouraba y Universidad de Antioquia, 2016 y Ossa & Betancur, 2018). Según los datos de puntos de agua y caudal explorable, acorde a la norma de gestión y las estimaciones reportadas por Paredes, et al. (2016) y por CORPOURABA y Universidad de Antioquia (2016), la demanda total estimada de agua subterránea asciende a unos 24.010.726 m³/año. En cuanto a la oferta del sistema hidrogeológico, se calculó un promedio ponderado de recarga de 270,9 mm/año; esta cifra distribuida entre las superficies efectivas de recarga difusa (323,2 Km²) y aquellas en las que sería posible la infiltración, que se traduciría en recarga para los niveles profundos (137,4 Km²) permite estimar un valor aproximado

del9umboldn de agua que ingresaría al sistema: 87,5 Mm³ a la capa libre y 37,2 Mm³ hacia los niveles profundos (CORPOURABA y Universidad de Antioquia, 2016). El sistema libre es objeto de recarga directa y difusa, mientras que el sistema multicapa sería alimentado desde las zonas en que aflora, en la Serranía, o por goteo desde el acuífero libre a través de capas arcillosas en su base (Universidad de Antioquia y CORPOURABA, 2018). En general se puede observar el flujo del agua desde la Serranía de Abibe hacia el cauce del Río León en el centro y sur, y hacia el Golfo de Urabá siguiendo una tendencia sureste-noroeste al norte de la zona acuífera (CORPOURABA & Universidad de Antioquia, 2016; Betancur, y otros, 2020 y Campillo, 2019).

El sector bananero enfrenta desafíos que pone en riesgo la sostenibilidad de la industria. En este sentido, las estrategias de reducción de huellas de carbono e hídrica se están volviendo fundamentales para la industria bananera (FAO, 2017). Estas estrategias previenen y mitigan los impactos ambientales y permiten una mayor adaptación al cambio climático y las condiciones adversas (FAO, 2017).

La agroindustria bananera genera una huella ambiental derivada de las operaciones del cultivo, la planta empacadora y el transporte local y marítimo. La huella de carbono se produce en la etapa de producción y transporte, con la generación de los gases de efecto invernadero y, la huella hídrica, se genera con el consumo directo de agua, así como ecotoxicidad, eutrofización, escasez, toxicidad humana y su disponibilidad del recurso. El banano es la fruta con mayor volumen de producción a nivel mundial, las estimaciones de huella de carbono oscilan entre: de 324g a 1124g de CO₂e/kg de banano exportado (FAO, 2017). Las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en banano provienen de los fertilizantes, el embalaje y el uso de combustibles fósiles. Diferentes casos de evaluación de la huella de carbono en el sector bananero han calculado que del total de los gases de efecto invernadero generados en la finca, entre el 24% y el 49%, corresponden a emisiones provenientes de fertilizantes a base de nitrógeno (FAO, 2017). En este sentido, la cantidad usada de fertilizantes químicos es de dos toneladas por hectárea al año. En estas dos toneladas se consiguen aportes, después de las pérdidas, de 300 Kg/Ha/año de Nitrógeno(N), 80 Kg/Ha/año de Fósforo(P₂O₅) y 600 Kg/Ha/año de Potasio (K₂O); las pérdidas por cada uno de cada nutriente son del 60% N, 80% P₂O₅ y 40% K₂O. Estas pérdidas de los tres principales nutrientes en el suelo se dan por los procesos de fijación, escorrentía superficial, volatilización o lixiviación profunda (Gómez, 2006). En cuanto a la lixiviación, Fonseca (2014), encontró pérdidas de hasta el 42% del Potasio aportado. El mismo autor, estimó las pérdidas por volatilización en el 50% de algunas fuentes de Nitrógeno.

Lelivet, (2018) no encontró pérdidas de Potasio por lixiviación, pero si por escorrentía superficial. En cuanto a la lixiviación profunda, Aryal, et al. (2012), monitorearon las concentraciones de Nitrógeno y Fósforo de pozos poco profundos a 35 m de profundidad y en los drenajes primarios en plantaciones comerciales de banano de la región húmeda del sudeste de México. También encontraron en los canales de drenaje primario (escorrentía superficial), una concentración promedio de N total de 4 mg/L y de P de 0,15 mg/L. También encontraron, en cuanto a la lixiviación profunda, que las concentraciones de N y P en los pozos poco profundos tenían un valor promedio de 6 y 0,10 mg/L respectivamente. En correspondencia con este estudio Robinson & Galán, (2012) estiman que las pérdidas de nutrientes en banano pueden estar por el orden del 90% debido a la escorrentía y la lixiviación a horizontes subsuperficiales; y para De Bie (2017), la mayoría de los nutrientes se pierden en la escorrentía superficial. En otros estudios de sistemas acuíferos relacionados con prácticas agrícolas, se han detectado aumentos en los contenidos de nitratos por encima de los niveles permitidos para uso doméstico del agua subterránea (Barranquero y otros, 2019 y Ruiz, 2018). En este sentido, es importante ampliar el conocimiento de la magnitud de la recarga y los análisis fisicoquímicos en el tiempo y espacio; ya que estos son indicadores de contaminación que determinan si el uso del suelo está afectando el agua subterránea (Cardona, Betancur, & Londoño, 2016).

La FAO (2017) ha estimado la huella hídrica media mundial de 790 m³/TM para el cultivo de banano. Esta misma fuente calcula que, el 99% de la huella hídrica en el cultivo de banano está representado en dos factores principales: riego y el procesamiento de fruta. En cuanto a riego, la FAO (2017), resalta que las plantaciones de banano requieren un suministro de agua amplio y frecuente; el consumo se sitúa entre 1.200 mm/año en los trópicos húmedos y, 2.200 mm/año en los trópicos secos. El consumo de agua en banano se estima utilizando la evapotranspiración ajustada por el factor de cultivo (K_c) y el factor ambiental (**figura 1**). Allen et al., (2006), afirman que la evapotranspiración también puede ser influenciada por el contenido de agua del suelo y la capacidad del suelo de conducir el agua a las raíces, así como la salinidad del suelo y del agua de riego.

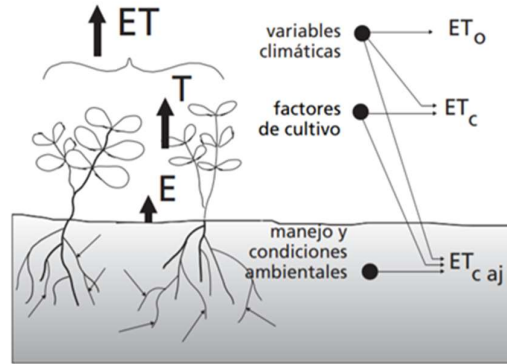


Figura 1: Componentes que afectan la evapotranspiración de cultivo de Banano. ET (evapotranspiración), ET_o (evapotranspiración potencial), ET_c (evapotranspiración del cultivo), $ET_{c aj}$ (Evapotranspiración d manejo y condiciones ambientales). Tomado de Allen et al. (2006).

Los sellos ambientales certificadores como *Rainforest*, *Global GAP*, *Fairtrade*, incluyen, dentro de sus criterios de cumplimiento, la conservación del medio ambiente (incluyendo biodiversidad) y las buenas prácticas agrícolas (GLOBALG.A.P., 2020 y Rainforest Alliance, 2017). A pesar de que estas certificaciones cuentan con un componente ambiental, no son suficientes para mejorar la relación del cultivo con el ecosistema en términos de diversidad, huella ambiental y conservación del medio ambiente (Bellamy, Svensson, Van Den Brink, & Tendergren, 2016). Igualmente, la cuantificación de las huellas de carbono y agua ayudan a cumplir con requisitos de las normas de certificación, que requieren sistemas de planificación y gestión, documentación de los insumos de producción, gestión de sistemas de agua, así como la gestión y posible reducción del uso de energía y agua (FAO, 2017). En cuanto a la zona de Urabá, foco de este estudio, la huella ambiental está representado en riego, agua para el proceso postcosecha y el uso de los fertilizantes químicos. En este sentido, el 30 % de las fincas de Urabá tienen riego, cuya importancia es evitar bajos rendimientos en escenarios de épocas secas del año; especialmente en la zona norte, el riego se activa en los meses de enero a abril (Toro, et al., 2016). En las fincas bananeras de Urabá, en el proceso de la fruta en postcosecha, el consumo de agua se sitúa entre 5 y 46 litros por cada caja de 20 kg (Yosioka, 2016). C.I. Banacol (2022) calculó el consumo total de agua para sus fincas, en el año 2021, en 4,01 m³/caja. En los procesos descritos anteriormente y otros complementarios, el principal consumidor del servicio de aprovisionamiento de agua es la agroindustria bananera. El consumo de la agroindustria en Urabá, representa el 78% del agua subterránea que se extrae del sistema acuífero (Paredes, et al., 2010; Villegas et al., 2018 y Toro, 2018 & Arana 2015). Otra parte del agua, especialmente para riego, se toma de las fuentes superficiales

(Salazar, 2012). Según la información de la FAO, (2017), los sistemas de recirculación ayudan a reducir el consumo de agua en postcosecha aproximadamente un 80%; en el caso de la empresa Banacol (2022) (esta empresa ocupa un 20% del área de estudio), reutilizaron en 2021, el 17% del agua concesionada por la autoridad ambiental.

El cultivo de banano de exportación se encuentra ubicado en zonas de recarga directa (CORPOURABÀ & Universidad de Antioquia, 2019 & Betancur, y otros, 2020). La mayor oferta potencial de agua del acuífero se ubica al sur de este y disminuye en dirección sur norte (**figura 2**).

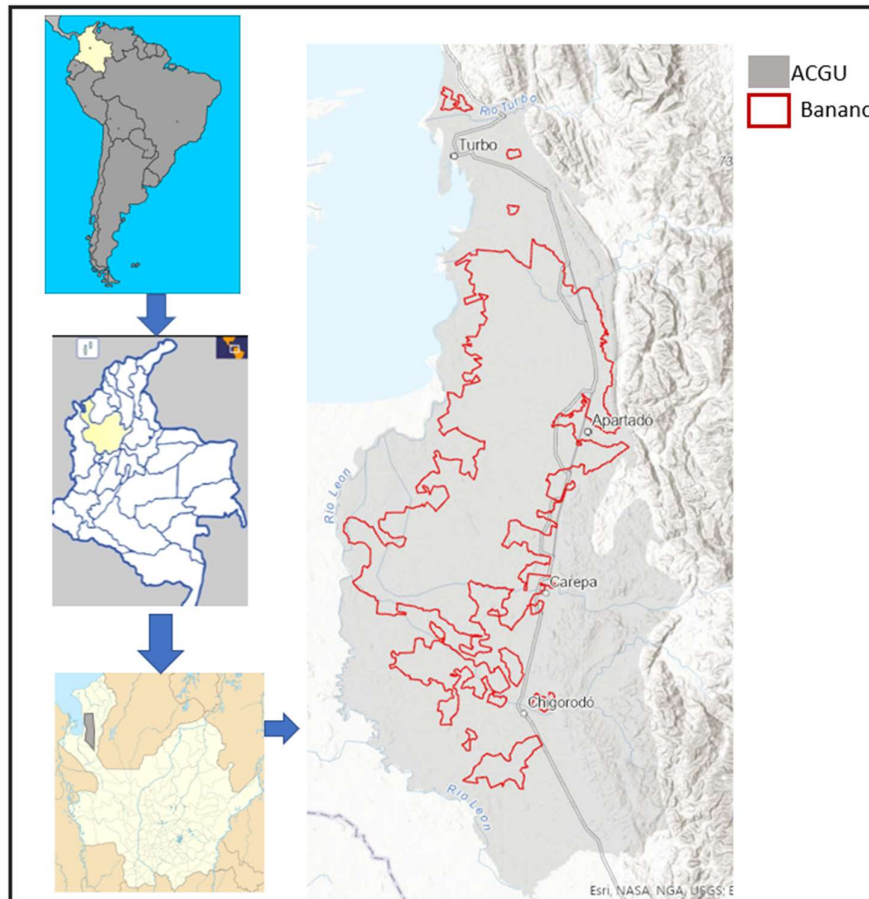


Figura 2: Ubicación de la zona de estudio, mapa del Acuífero de Urabá y el área cubierta en Banano, aproximadamente el 35% de la superficie

El Acuífero del Golfo de Urabá es un ecosistema intervenido por actividades humanas que han cambiado el equilibrio natural a través del tiempo. Según Carrillo et al. (2016), los componentes de este equilibrio son: clima, geología, topografía, suelo y los factores bióticos. En el caso del ACGU el cambio de cobertura que afecta el equilibrio natural, implica cambio en variables como la composición química del agua subterránea y la magnitud de la recarga del acuífero. Según el Plan de Manejo Ambiental de Acuíferos Sistema Hidrogeológico Golfo de Urabá, el acuífero presta múltiples servicios

ecosistémicos, los beneficiarios de estos servicios están ubicados en las zonas de recarga directa e indirecta del acuífero (CORPOURABA y Universidad de Antioquia, 2016). Son beneficiarios del acuífero: los cultivos permanentes del 37% del área, los pastos del 34% de zona de recarga directa y 17% indirecta y otros usos del suelo, como cascos urbanos en 1,31% (Cardona, et al., 2016).

En cuanto a la composición hidroquímica del acuífero (Paredes, et al., 2010 y Ossa, 2017), no encontraron procesos de salinización presentes en el acuífero del golfo de Urabá por intrusión marina, las concentraciones altas en muestras tomadas en la zona norte, son producto de fuentes naturales y su distribución espacial está asociada a los tiempos de residencia y la permeabilidad de las capas hacia esa zona del sistema. En otro sentido, se puede decir que posiblemente algunas de las muestras que sobrepasan el límite superior de algunos parámetros podrían ser producto de fuentes naturales y no de contaminación, sin embargo, donde por ejemplo las muestras de parámetros como el NO₃ – sobrepasan este límite superior no se podría hacer esa inferencia, ya que no existiría una fuente natural que aporte tal cantidad de este parámetro (Ossa, 2017). En esta misma vía, en el acuífero multicapa de Urabá, los principales procesos que determinan a la composición química incluyen el intercambio de cationes, la disolución de carbonatos y CO₂, y la meteorización de los silicatos (Villegas, et al., 2018). Sin embargo, en los niveles más profundos del acuífero multicapa, se encuentran variaciones en las concentraciones de nitratos, la variación en la distribución espacial de este parámetro estaría relacionada con la localización de las áreas donde se practica de forma más intensa la actividad agrícola o donde es mayor el déficit sanitario (CORPOURABA y Universidad de Antioquia, 2016). En cuanto a la distribución espacial de la concentración de sales, es mayor en la parte norte del acuífero, comparado con los de la zona sur e, igualmente, son mayores las concentraciones de sales, hacia el oeste en cercanías del Río León y el Mar Caribe (Ossa & Betancur, 2018 & CORPOURABA y Universidad de Antioquia, 2016). Finalmente, si se comparan los niveles someros y profundos del acuífero, hay diferencias significativas de valores en orden de magnitud, siendo menores en los niveles más someros del acuífero, esto debido a que podrían presentarse ingresos de agua de recarga provenientes de la precipitación (CORPOURABA y Universidad de Antioquia, 2016).

Los factores que pueden amenazar la sostenibilidad del recurso hídrico extraído del acuífero son: el crecimiento poblacional, el cambio de uso de suelo, la contaminación, el cambio climático, los conflictos en el uso del suelo, entre otros. En el caso del conflicto de uso de los cultivos permanentes con el recurso hídrico, se genera

un riesgo alto en afectación en la cantidad y la calidad de la recarga; este riesgo se presenta, especialmente en la zona sur del acuífero; en conclusión, se deben tener monitoreos fisicoquímicos y datos de recarga (Cardona, et al., 2016).

Las buenas prácticas agrícolas (BPA) hace referencia a un conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas aplicables a la producción, procesamiento y transporte de alimentos, orientadas a asegurar inocuidad de los productos, la salud de los trabajadores y el cuidado del medio ambiente (Aguilera Manjarrés, 2019). Las BPA surgen de la necesidad de los compradores y consumidores, de proveer y contar con alimentos seguros para su consumo, sin que ello ocasione daños al ambiente (Aguilera Manjarrés, 2019). En esta misma vía, las certificaciones internacionales, pueden llegar a promover prácticas sostenibles para disminuir los impactos ambientales (Tayleur, y otros, 2018; Makita, 2016 y Lelivelt, 2018). Las BPA que se recomiendan, para prevenir la contaminación del acuífero de Urabá son: el manejo de coberturas, riego, fertilización y drenaje con criterios de agricultura sitio específico, implementación de planes de biofertilización, disminución de plaguicidas, tratamiento de aguas residuales y recolección y manejo de residuos contaminados (CORPOURABÀ & Universidad de Antioquia 2019). El uso de coberturas vivas sobre el suelo, en banano incrementa el aporte de materia orgánica, fijan carbono, reducen la erosión, reducen la temperatura, aumenta la capacidad de retención de agua, suprimen malezas y aportan nutrientes (Quaresma, et al., 2017; Flori & Milanez, 2016; Haider, et al., 2019 & Lima, et al., 2016). La Agricultura de Precisión (AP) es una BPA, que consiste en una tecnología basada en obtener datos georreferenciados de los lotes para lograr un mayor conocimiento de los factores que contribuyen a la variabilidad que se presenta a nivel de lote y, así delimitar Zonas de Manejo (ZMH) (Anselin, et al., 2005). Éstas ZMH, han sido definidas como subregiones dentro de los lotes que expresan una combinación homogénea de factores determinantes del rendimiento y a la cual le resulta apropiada una dosis única de insumos (Munévar, et al., 2011). El uso de la agricultura de precisión en Banano es recomendado para reducir costos, mejorar la eficiencia de los recursos y reducir el impacto ambiental (Vélez & Justo, 2013). La implementación de la biofertilización, una BPA de agricultura orgánica, mejora la eficiencia de los fertilizantes, la gestión de residuos y la conservación de los suelos (CORPOURABA & Universidad de Antioquia, 2019). La disminución de plaguicidas, como buena práctica agrícola, se realiza a través de implementación de prácticas culturales, uso de bioinsumos, uso de control biológico y conservación de áreas de retiro o barreras vivas (CORPOURABÀ & Universidad de Antioquia, 2019). Igualmente, el tratamiento de aguas residuales en banano se ha implementado en casi todas las áreas de producción y busca disminuir y

mitigar la carga química y orgánica vertida a los efluentes (FAO, 2017). Finalmente, la recolección y manejo de los residuos contaminados, ayuda a evitar la lixiviación de moléculas contaminantes, plásticos o iones orgánicos (CORPOURABÁ & Universidad de Antioquia, 2019).

Para el acuífero de la zona de Urabá se han realizado varias estimaciones de la recarga potencia (CORPOURABA – Universidad de Antioquia 2016; CORPOURABA & Universidad de Antioquia, 2018; INGEOMINAS, 1995 y Bastidas 2019), todas ellas soportadas en métodos de balance por unidad de suelo y con las estaciones climáticas existentes. Los cultivos permanentes, particularmente de banano, representan la principal actividad económica de la zona y es, a su vez, la cobertura con mayor ocupación de las zonas de recarga directa (Cardona, et al., 2016 y Bastidas, 2019). Es oportuno ajustar metodologías de cálculo de la recarga puntualizando y enfatizando en la cobertura existente en la zona y su afectación de variables como escorrentía y evapotranspiración.

Como se mencionó anteriormente, el cultivo de banano de exportación es un protagonista fundamental de la economía de la región de Urabá, Antioquia y Colombia, es un producto que genera divisas y empleos. Este cultivo también consume recursos, aporta residuos y vertimientos y modifica indirectamente la cantidad y calidad del agua, tanto superficial como subterránea. La información que se genera en el manejo agronómico, como datos climáticos, consumo de agua, análisis de suelos, registros de riego e imágenes satelitales, generadas por los productores bananeros, puede ser usada para estudios ambientales multidisciplinarios.

Este estudio usa parte de esta información y la integra al conocimiento ambiental generado por las mesas sectoriales, Corpourabá, los entes gubernamentales, empresas y universidades. A pesar de que ya existe información respecto al Acuífero en Urabá, es importante el avance en el conocimiento del papel del cultivo de banano en los componentes del ciclo hidrológico que determinan la recarga al acuífero, evaluar las implicaciones que ello tiene en la calidad del agua de recarga y proponer alternativas de prácticas que reduzcan los posibles impactos negativos. Así pues, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo se modifica la partición del balance hídrico y cómo se afectan los parámetros de calidad del agua, en el cultivo de banano de la zona de Urabá?

Para buscar dar respuesta a esta pregunta se plantea este trabajo con el objetivo general de realizar una evaluación en la cobertura vegetal de banano en la partición del balance hídrico, la humedad del suelo y las características químicas del

suelo y de esta manera categorizar las buenas prácticas agrícolas. Este propósito se asume a partir de los siguientes objetivos específicos:

- Estimar la partición del balance hídrico en fincas cultivadas con banano ubicadas sobre el Acuífero del Golfo de Urabá.
- Estimar, con base en la composición química del agua en zona de raíces, la calidad del agua del acuífero en fincas de banano.
- Categorizar buenas prácticas agrícolas para la protección del agua subterránea en las fincas bananeras, relacionando su impacto en aporte de iones y cambios en la recarga directa al acuífero.

2. METODOLOGIA

La investigación se realizó en la zona bananera de Urabá, Antioquia Colombia. El área de estudio está delimitada por el río León, el mar Caribe, la Serranía del Abibe y la Serranía de Las Palomas. La elevación fluctúa entre 0 msnm y 100 msnm y en la zona de influencia del estudio se ubican las poblaciones de Apartadó, Turbo, Chigorodó y Carepa. El clima de la zona de estudio está determinado por la zona de convergencia intertropical, su cercanía al mar Caribe e influencia el llamado Chorro del Chocó. Clasificado según consideraciones de las zonas de vida establecidas por Holdrige, como bosque húmedo Tropical (bh-T), con precipitaciones de 2.200 mm/año a 3.800 mm/año, la temperatura promedio es de 27°C. El estudio se lleva a cabo, específicamente, en el área cubierta con el cultivo de banano.

Para la medición del balance hídrico se utilizaron datos de estaciones climatológicas de seis fincas, tres de estas con estaciones de humedad de suelo. Se tomaron datos diarios de: precipitación(mm), temperatura del aire (T°C), humedad relativa (%), radiación (W/m^2), velocidad del viento (m/s). Se extrajo evapotranspiración (mm), calculada con el método de la FAO Penman-Monteith (Allen, et al., 2006). Los datos de medición nutricional y solución de suelos se tomaron en 19 fincas. El diagnóstico de prácticas agrícolas se ejecutó en 23 fincas (**figura 3**).



Figura 3: Mapa de distribución de las fincas con estaciones de clima y humedad, fincas con seguimiento nutricional y fincas donde se realizaron encuestas de buenas prácticas agrícolas (BPA)

En la **figura 4** se resume, paso a paso, la ruta seguida para alcanzar los resultados propuestos, a la luz del objetivo general y los tres objetivos específicos. Para cada uno de ellos se parte de la recopilación y levantamiento de la información, que luego fue organizada y procesada a partir de los métodos de análisis que derivan en nuevos hallazgos.

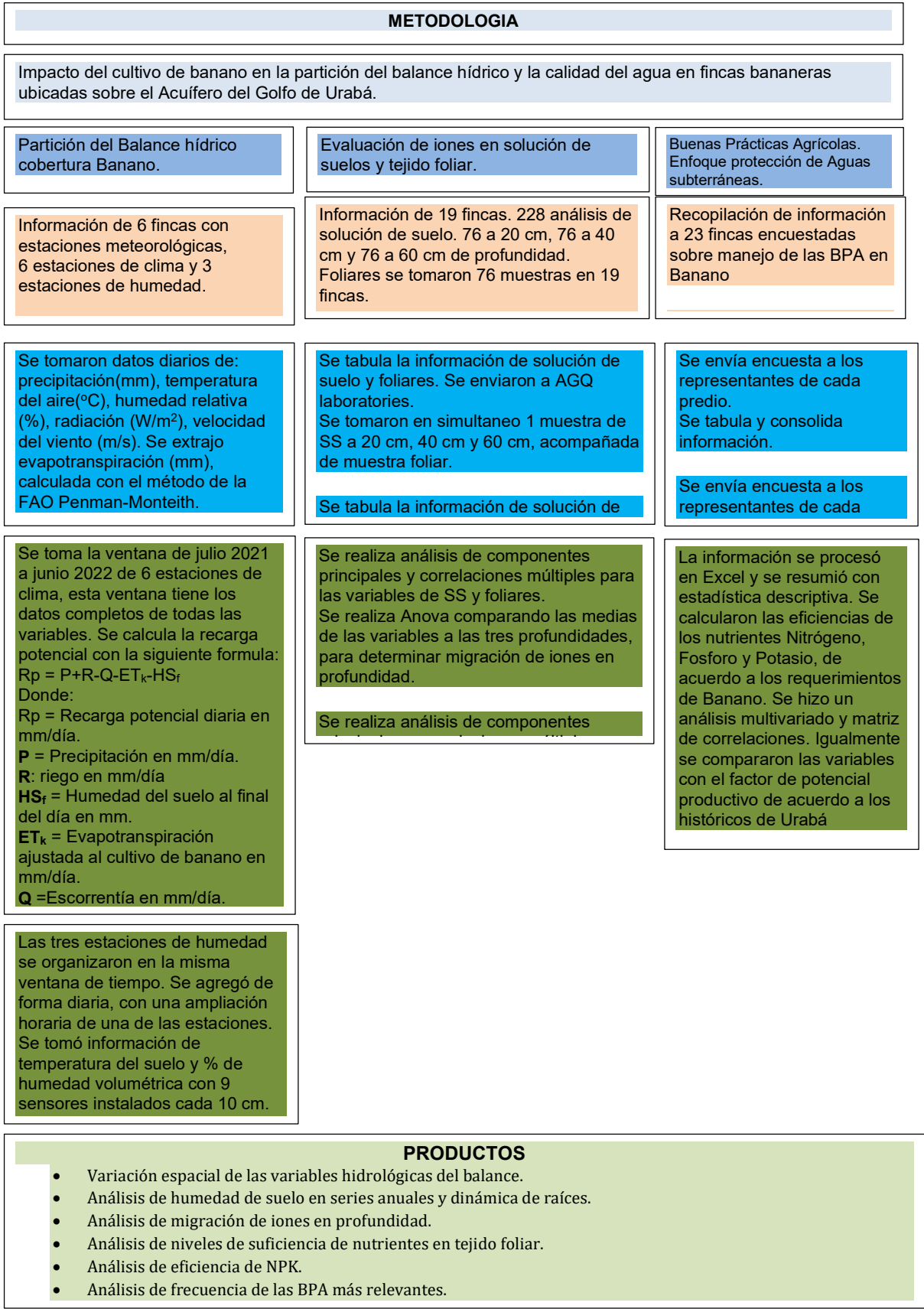


Figura 4: Esquema metodológico para la definición del impacto en la partición del balance hídrico

2.1 Estación meteorológica

En las fincas consideradas se cuenta con estaciones meteorológicas tipo Imetos® ECO D3 (Metos Pessl instruments, 2020) (**tabla 1**). Cada estación está equipada con pluviómetro, piranómetro, anemómetro, medidor de humedad relativa y temperatura del aire (**Figura 5**). Las estaciones hacen parte de la red de estudios climáticos de Augura-Cenibanano y de productores Bananeros. Las mediciones de las estaciones son horarias y la transmisión de los datos se hace cada 20 minutos vía mensajes de celular. Para el caso del estudio la información se agrupo de forma diaria, esta información fue descargada de la plataforma *fieldclimate by pessi instruments*, donde se consolidan y almacenan los datos después de ser transmitidos. Los datos se descargaron desde julio de 2021 hasta junio de 2022. Se toma esta ventana de tiempo ya que la mayoría de las estaciones tienen datos completos y continuos. Las estaciones que presentan datos faltantes se descartan, al igual de la estación 0020944D, debido a que presenta información de precipitación inconsistente con las demás estaciones y el punto donde se encuentra.

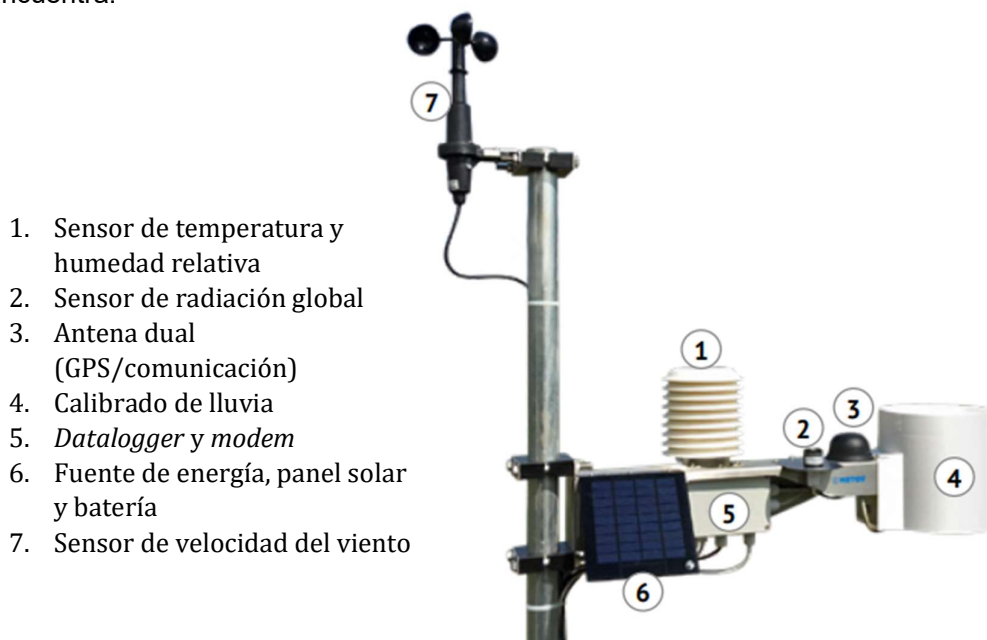


Figura 5: Estación de humedad i METOS 3.3. con sus componentes básicos. fuente METOS user manual.

2.2 Estación de humedad del Suelo.

En cuatro fincas se instalaron baterías que permiten medir humedad, temperatura y conductividad eléctrica del suelo. El riego, si lo hay, se estimó con la precipitación de los emisores, presión de los laterales de riego y horas de operación (switch de presión). Los sensores de humedad, en este caso, están conectados al datalogger de la estación

meteorológica, lo que permite, analizar la información directamente de clima y humedad de suelo en la misma ubicación. Estas baterías tienen nueve sensores cada 10 centímetros de profundidad y están instalados en las cuatro fincas. De las cuatro estaciones se eligieron tres para graficar y analizar, ya que una de las estaciones de humedad tenía una ventana de datos faltantes muy amplia y distorsionaba la interpretación de los resultados. Estos sensores, al igual que la estación meteorológica, transmite información en escala horaria y se puede revisar en tiempo real en la plataforma fieldclimate by pessler instruments. Las mediciones se consolidaron a escala diaria desde julio de 2021 a junio de 2022, en la misma ventana de tiempo que las estaciones meteorológicas. Igualmente se analizó la información de humedad volumétrica, en un periodo de tres meses, pero a escala horaria, para evaluar la dinámica detallada en la época más seca del año. Para cada curva de humedad de suelo se graficó la precipitación. Las estaciones que no se usaron tenían más de dos meses sin datos en la ventana de tiempo elegida.

Punto	Ubicación			Estación clima	Estación de humedad	Rango de datos		Calidad información	Uso de información
	Logitud	Latitud	Altura			Desde	Hasta		
YZ	-76,691893	7,928878	11,9	si		may-20	oct-22	completa	si se usó
RG	-76,761953	7,703931	17,3	si		may-20	feb-22	incompleta	no se usa
LY	-76,611013	7,92899	30,4	si		may-20	oct-22	incompleta	no se usa
TR	-76,724861	7,89244	6,3	si		ago-20	oct-22	completa	si se usó
CT	-76,685867	7,990295	10,3	si	si	ago-20	oct-22	incompleta	no se usa
CD	-76,722	7,801639	9,2	si	si	ago-20	oct-22	completa	si se usó
SL	-76,731844	7,670636	20,6	si	si	ago-20	oct-22	incompleta	no se usa
RO	-76,672152	7,823942	26,6	si		ene-21	oct-22	completa	si se usó
AR	-76,65349	7,956434	23,6	si		ago-20	oct-22	completa	si se usó
SY	-76,684031	7,870967	15,6	si	si	ago-20	oct-22	completa	si se usó
AR	76,657878	7,637734	41,2	si		ago-20	oct-22	incompleta	no se usa

Tabla 1: Descripción de estaciones de clima y humedad.

2.3 Estimación de la recarga

El cálculo de la partición del balance hídrico se realizó en cada estación. La recarga se calcula diariamente, según la siguiente ecuación:

$$R_p = P + R - Q - ET_k - HS_f$$

Donde:

R_p = Recarga potencial diaria en mm/día.

P = Precipitación en mm/día.

HS_f = Humedad del suelo al final del día en mm.

R = Riego en mm/día

ET_k = Evapotranspiración real en mm/día.

Q = Escorrentía mm.

Se midieron los componentes del balance: precipitación (P), riego (R), humedad del suelo (HS_f), velocidad del viento, humedad relativa, radiación, temperatura. Estas variables se agruparon a escala diaria durante el periodo comprendido entre julio 2020 y junio 2021. Basados en esta información se estimó la evapotranspiración del cultivo (ET_k) con el método FAO Penman-Monteith, ajustado por el coeficiente de cultivo (K_c) en máxima producción; (1.2), para el cultivo de Banano (Allen, et al., 2006). El método FAO Penman-Monteith se recomienda actualmente como el método estándar para la definición y el cálculo de la evapotranspiración de referencia, ET_o (Allen, et al., 2006).

La escurrentía se calculó con la metodología Rázuri Ramírez, (1984). Los parámetros seleccionados para la determinación del coeficiente de escurrentía en las plantaciones de banano fueron: cultivos, como cobertura vegetal, suelos semipermeables y pendiente despreciable; el coeficiente de escurrentía, C (0.4), se multiplicó por la precipitación, siempre y cuando superara el umbral de escurrentía. El umbral de escurrentía se calculó, para condiciones medias de humedad, pendientes por debajo de 3%, cultivos en hileras y suelos con drenaje imperfecto: P_o , en 20 mm (MOPU, 1987). Al tratarse de parámetros medidos en cultivos semipermanentes, ambos, el coeficiente y umbral de escurrentía tienen en cuenta la interceptación por

HS_f = Humedad del suelo al final del día en mm, se calcula con las mediciones de humedad volumétrica en a las estaciones de humedad. El balance de agua en el suelo se calculó con una profundidad de raíces de 50 cm, la capacidad de campo se estimó entre 38% y 42%, dependiendo de la estructura del suelo y la textura, el punto de marchitez permanente se calculó entre 18% y 22%; la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez, el agua disponible, se estimó entre 18-22%. Estos valores fueron determinados usando la experiencia con estaciones de humedad de suelo en la zona de estudio, referencias de otros autores y análisis de suelo históricos de las fincas (Corpouaba y Universidad de Antioquia, 2014; Salazar, 2012 & Ferreyra & Selles, 2013). El agua en zona de raíces, por consiguiente, equivale al agua disponible total (la diferencia entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente) multiplicada por la profundidad del suelo. La información de las estaciones de humedad, previa a la medición fue fundamental para la determinación de la capacidad de campo de los suelos, al igual que análisis de textura de 0-30 cm, en cada sector aledaño a las estaciones. Luego se introdujeron los valores de partículas de suelo al programa SPAW® y se determinaron las propiedades hidráulicas del suelo, finalmente se corrigieron con valores encontrados con lo arrojado por las estaciones de humedad (USDA, 2009; Allen et al., 2006 y Ferreyra & Selles, 2013).

Para el inicio del balance hídrico, se consideró que todas las estaciones arrancan en capacidad de campo. Esta determinación se tomó con base a las tres estaciones de humedad, y a las precipitaciones precedentes al inicio de la evaluación.

Finalmente, se suman las recargas diarias y se obtiene el total de recarga del año hidrológico para cada estación. El balance se hace diario para poder mejorar la resolución de la estimación, gracias a que las estaciones meteorológicas arrojan datos con esta frecuencia. El resumen de los datos anuales de ET_k , precipitación, escurrimiento y, por supuesto, recarga consolidan anualmente. Usando las funciones de modelación espacial disponible en el software para SIG ArcGIS pro, se calculó la distribución espacial de estas variables con la metodología de interpolación IDW. Se escoge este modelo de distancia inversa (IDW), porque la cantidad de puntos es seis y, con esta cantidad de puntos e interacciones, no es recomendable utilizar modelos más exigentes como Kriging. Aunque la metodología de interpolación pierde resolución en la interpolación, se usa debido a la dificultad de tener más puntos de observación en el área de estudio.

2.4 Sondos lisimétricas y muestreo foliar

Para la medición de la calidad de agua (iones en solución), se instalaron las tres sondas lisimétricas en zona de raíces. Las sondas lisimétricas patentadas por laboratorios AGQ (AGQ, 2020) se instalaron a tres profundidades: 20 cm, 40 cm y 60 cm (Departamento de bosques naturales S. A. & AGQ Laboratorios S. A., 2009). Las sondas lisimétricas están compuestas por un tubo de PVC que lleva en un extremo una cápsula porosa y en el otro una válvula de esfera con un restrictor para generar un vacío. El vacío se genera con una bomba mecánica en el rango de 25-30 P.S.I., en el interior. Con esta metodología es posible conocer la tasa de lixiviación de fertilizantes, la dinámica de la solución del suelo, la movilidad de los iones, así como estimar posibles fenómenos de especiación, retención, asimilación o retención de algunos elementos (Departamento de Bosques Naturales S.A. y Laboratorios AGQ, 2009 & Martínez, 2010). Los parámetros analizados en el estudio fueron: pH, CE, nitratos (NO_3^-), fosfatos ($H_2PO_4^-$), cloruros (Cl^-), sulfatos (SO_4^{2-}), amonio (NH_4^+), calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^+), sodio (Na^+), boro (B), zinc (Zn), manganeso (Mn). Se tomaron 228 análisis de solución de suelo, entre ellos: 76 a 20 cm, 76 a 40 cm y 76 a 60 cm de profundidad, espaciadas cada tres meses, estos muestreos fueron complementados con muestreos de tejido foliar.

En la **figura 6**, se muestra la dinámica de la actividad de la planta de banano, los fertilizantes y el agua. Se explican cuáles son los puntos de control utilizados en este

estudio. El proceso de transpiración mueve el agua y los nutrientes de la zona de raíces hacia las hojas y el fruto vía xilema. Con la fertilización, se remplazan los nutrientes removidos del suelo y con la precipitación y/o el riego, el agua. Los nutrientes pueden perderse, vía volatilización, lixiviación o escorrentía. Los nutrientes que no se incorporan al suelo, son lavados de la superficie cuando hay escorrentía; también, especialmente con las fuentes de nitrógeno, se puede volatilizar si la precipitación o el riego no los incorpora en los días subsiguientes a la aplicación; si los fertilizantes son incorporados y la planta no los absorbe, pueden lixiviar en profundidad. La pérdida de nutrientes fue estimada en el estudio con las sondas de lisimétricas; también se calculó la eficiencia de NPK. Las variables de escorrentía, precipitación y recarga, definen la dinámica del agua con relación al cultivo de banano. Estas variables son medidas o calculadas en este estudio.



Figura 6: Esquema de ubicación de las variables y equipos en la plantación de banano

En Solución de Suelos (SS) se tomaron 4 muestras en el año, según metodología AGQ laboratories. Variables: fosfatos ($H_2PO_4^-$), sulfatos (SO_4^{2-}), calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^+), sodio (Na^+), boro (B), zinc (Zn), manganeso (Mn), se determinó con ICP óptico. Amonio (NH_4^+), cloruros (Cl^-), nitratos (NO_3^-) y urea (se determinaron con analizador de flujo segmentado (espectrofotometría). Conductividad eléctrica, CE, (celda de conductividad) Y pH (electrodo DE pH). Las muestras se tomaron una semana después de la aplicación de fertilizantes químicos.

En foliares también se tomaron 4 muestras al año en 19 fincas, para un total de 76 muestras. Las muestras se envían al laboratorio para su análisis y se reportan los parámetros: nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), cloro (Cl), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y aluminio (Al). Estos niveles se comparan con referencias y niveles de suficiencia, establecidos por literatura y experiencia en la zona de estudio (Fonseca, 2014; Twyford & Walmsley, 1975, 1974, 1976 & López, et al., 2001). Con estas referencias se calcularon los niveles de suficiencia de cada elemento nutritivo.

La información se analizó en el programa estadístico Stargraphics®. con componentes principales, estadística descriptiva y se realizó un ANOVA para cada parámetro de solución de suelos, para evaluar la concentración de iones a las diferentes profundidades. Esta comparación de cada parámetro a diferentes profundidades, nos orienta sobre lo que pasa después de la fertilización, si hay migración de los iones en perfil del suelo o si hay cambio en los parámetros de conductividad eléctrica O pH en profundidad.

2.5 Caracterización de prácticas de manejo agronómicas y ambientales

Se realizó una caracterización de las prácticas agronómicas y ambientales basado en visitas a campo, entrevistas semiestructuradas y revisión de registros en 23 fincas. Estas prácticas se clasificaron y ponderaron para generar una matriz de buenas prácticas agrícolas.

A cada usuario se le formularon -a través de la plataforma Google- las 67 preguntas que se listan a continuación. A través de esa misma opción se recibieron las respuestas.

Preguntas:

- *Nombre del propietario o administrador*
- *Nombre de la finca*
- *¿Con cuál comercializadora exporta?*
- *¿Cuántas hectáreas brutas hay sembradas?*
- *¿Cuántas cajas por hectáreas?*
- *¿Cuál es el aporte de Nitrógeno/Ha/año?*
- *¿Cuál es el aporte de Potasio/Ha/año?*
- *¿Cuál es el aporte de Fósforo /Ha/año?*
- *¿En qué municipio de Urabá se encuentra la finca?*
- *¿Cuentan con estudios de suelos en la finca?*

- *¿Qué tipo de suelos se han identificado en la finca?*
- *¿Cuáles son las principales actividades que se realizan para la adecuación del terreno en el cultivo del banano?, seleccione varias**
- *¿Cuáles son las formulaciones empleadas de fertilizantes al momento de la siembra y cuál es la cantidad aplicada?*
- *¿Con qué frecuencia se aplican los fertilizantes después de la siembra y que cantidades por planta?*
- *¿Con qué frecuencia se aplica materia orgánica y en que cantidades por sitio o planta?*
- *¿Implementa cultivos de cobertura del suelo?*
- *¿Qué porcentaje de área tiene sembrada con coberturas del suelo?*
- *¿Implementa Coberturas en los drenajes, cómo realiza el control de arvenses en los drenajes o canales?*
- *¿La finca cuenta con sistema de riego?, ¿De qué tipo?*
- *¿Cuál es la frecuencia y tiempo de riego en la finca?*
- *¿Cuenta con alguna herramienta para determinar la lámina de riego? ¿tiene un asesor profesional?*
- *¿De dónde se obtiene el recurso hídrico?*
- *¿Cuenta con concesión de agua vigente?*
- *¿Cuál es el caudal o volumen de la concesión de agua otorgada?*
- *¿Qué cantidad de agua se requiere para las labores de lavado en post cosecha?*
- *¿Existe algún tipo de tratamiento para el agua utilizada en la post cosecha?*
- *¿Cuenta con planta de recirculación?*
- *¿Por cuánto tiempo recircula el agua en la empacadora?*
- *¿Tienen filtro de agroquímicos?*
- *¿Cuentan con trampa de grasa?*
- *¿Cuentan con pozo séptico?*
- *¿Cuentan con algún control para el consumo del agua?, ¿Cuál?*
- *¿Cuenta con áreas de zonas buffer para las aplicaciones de pesticidas cerca de fuentes de aguas?*
- *¿Se manejan variedades resistentes al estrés hídrico?*
- *¿Reintegra los residuos orgánicos del cultivo para estabilizar los nutrientes del suelo?*
- *¿Con qué frecuencia se controlan arvenses?*
- *¿Cuáles son los productos más utilizados en el control de arvenses o malezas?*

- *¿Cuál es la categoría toxicológica o el color de la etiqueta del envase de los herbicidas usados?*
- *¿Se hace calibración y mantenimiento de equipos de aspersión?*
- *¿Se acude a alguna estrategia de manejo diferente al uso de herbicidas?*
- *¿Realizan monitoreo para el manejo de las poblaciones de artrópodos limitantes (insectos, arácnidos, miriápodos, etc.) antes de realizar aplicaciones de insecticidas?*
- *¿Cada cuánto (semanas) se aplican los productos para el control de artrópodos limitantes?*
- *¿Cuáles son los nombres comerciales de los productos que se utilizan para el control de artrópodos limitantes?*
- *¿Cuál es la categoría toxicológica o el color de la etiqueta del envase de los insecticidas ?*
- *¿Cómo se realizan las aplicaciones de insecticidas?*
- *¿Se acude a alguna estrategia de manejo diferente al uso de insecticidas?*
- *¿Cómo se hace el monitoreo de fitopatógenos (Sigatoka) antes de hacer aplicaciones?*
- *¿Cada cuánto (semanas o días) se aplican los productos para el manejo de fitopatógenos?*
- *¿Cuáles son los nombres comerciales de los productos que se utilizan en el manejo de fitopatógenos?*
- *¿Cómo se realizan las aplicaciones de fungicidas?*
- *¿Se acude a alguna estrategia de manejo diferente al uso de fungicidas?*
- *¿Qué otros productos se utilizan con las aplicaciones de plaguicidas?*
- *¿Cuál es el periodo de carencia mínimo a cosecha?*
- *¿Dispone de infraestructura para el almacenamiento de los productos bajo condiciones ambientales e higiene?*
- *¿En dónde dispone el agua de la empacadora?*
- *¿Qué productos utiliza al momento de la cosecha y pos-cosecha en la empacadora?*
- *¿Qué productos utiliza al realizar el aseo en la empacadora?*
- *¿Cómo se hace la disposición de los envases y residuos de plástico (polipropileno y polietileno), cuerdas, etc.?*
- *¿Cuentan con estrategias de minimizar los residuos no reciclables y reciclar los materiales orgánicos e inorgánicos?*

- *¿Dónde se lavan las bombas y demás utensilios que se usan en la preparación de mezclas para control fitosanitario?*
- *¿Se realizan capacitaciones a los trabajadores en el uso seguro y eficiente de herramientas y maquinarias?*
- *¿Con qué frecuencia se realizan capacitaciones a los trabajadores?*
- *¿Cuántos trabajadores o jornales se necesitan por hectárea en el cultivo de banano?*
- *¿Con qué tipo de contratación vinculan a los trabajadores?*
- *¿Cómo se remunera a los trabajadores?*
- *¿El personal usa Equipo de Protección Personal apropiado al asperjar y manejar pesticidas?*

Las respuestas fueron procesadas en hoja de cálculo, y cada una de ellas fue resumida de acuerdo a si eran preguntas abiertas o cerrada. En las preguntas cerradas, se calcularon las frecuencias de cada respuesta. En las preguntas abiertas, se calcularon las frecuencias, pero de acuerdo a las respuestas más recurrentes. En las preguntas de selección múltiple, se analizó la distribución porcentual de cada respuesta. Finalmente, se presenta un resumen de las preguntas más relevantes para este estudio.

Se calculó la eficiencia de los fertilizantes de acuerdo a los requerimientos del cultivo de banano para NPK, los tres elementos esenciales principales (Twyford & Walmsley, 1975, 1974, 1976 & López, et al., 2001). Para producir una tonelada métrica de banano se necesitan: 1,70627 Kg de N, 0,17598 Kg de P₂O₅ y 5,4812 de K₂O. La eficiencia se calculó con los kilogramos de cada elemento aportado por tonelada métrica de banano producido en cada finca y se dividió por el requerimiento nutricional de referencia, también por tonelada. A las eficiencias, se calcularon las correlaciones entre los elementos y se agruparon con un parámetro de productividad esperada. Las fincas se clasificaron de acuerdo con su potencial productivo, teniendo en cuenta su ubicación e históricos de producción para cada sector del eje bananero.

3. RESULTADOS

3.1 Partición del balance hídrico

Inicialmente se contaban 11 estaciones Meteorológicas, sin embargo, los datos no estaban completos en la ventana de tiempo escogida para el estudio. Se descartaron también, las estaciones con datos inconsistentes con los valores esperados para esta

localización y época del año (**tabla 2**). De acuerdo al balance hídrico realizado con escala diaria en seis estaciones, se hizo el cálculo de la recarga potencial en cada punto.

La precipitación promedio durante el año considerado fue de 3.616 mm, si se compara la magnitud de esta precipitación con la reportada por Bastidas (2019) para los años 2015 a 2018 con un promedio de 2.816 mm, revela la ocurrencia de un escenario húmedo bajo la influencia del fenómeno de la niña. En todas las estaciones la precipitación estuvo por encima de 3.100 mm La precipitación se redujo de enero a febrero, el resto del año la lluvia fue uniforme e, incluso las precipitaciones más altas del periodo se dieron en el mes de febrero y marzo, meses normalmente secos (**Figura 7**). En el año se dieron cuatro eventos de más de 80 mm/diarios de precipitación y dos de más de 100 mm/diarios. La relación entre la precipitación y la humedad de suelo se discutirá más adelante, pero esta precipitación frecuente y en estas magnitudes, permitió tener un año sin déficit hídrico en la planta de banano, de hecho, las fincas con riego no lo utilizaron durante este periodo.



Figura 7: Distribución de la precipitación diaria promedio de las seis estaciones.

La evapotranspiración del cultivo se estima en un valor promedio de 1.417 mm/año, oscilando entre 1.329 mm/año y 1.493mm/año en el área de estudio. Los valores diarios oscilan entre 2 mm/día y 6 mm/día, el valor promedio es 4 mm/día a lo largo del periodo de julio 2021 a junio 2022 (**figura 8**).

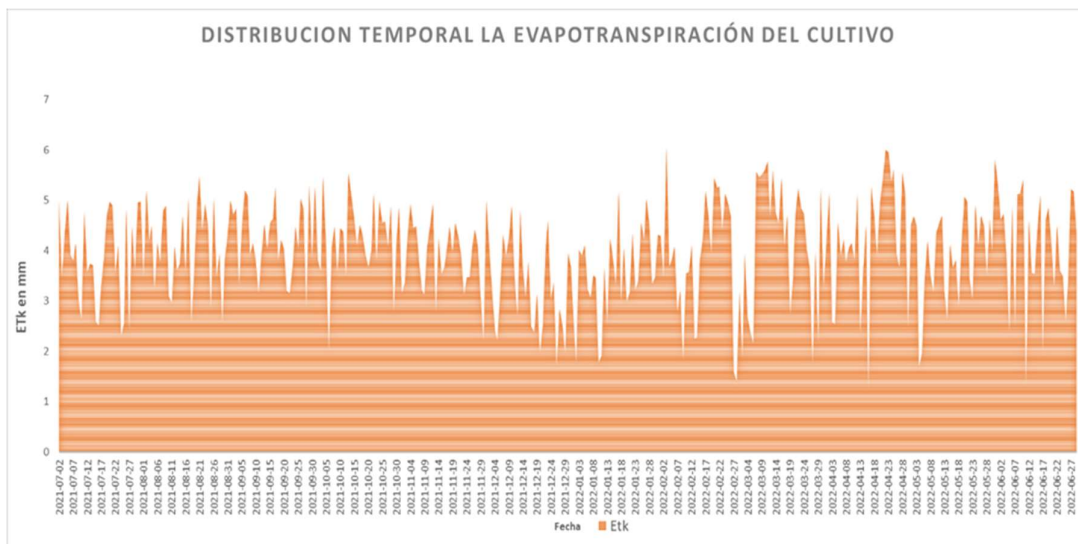


Figura 8: Evapotranspiración diaria promedio en el área de estudio.

El valor medio de escorrentía fue de 1.080 mm/año, oscilando entre 929 mm/año y 1.253 mm/año en el área de estudio. A lo largo del año hidrológico, se registraron dos eventos de más de 50 mm/diarios de escorrentía, en el mes de febrero (figura 9). La humedad del suelo se tratará en detalle más adelante.

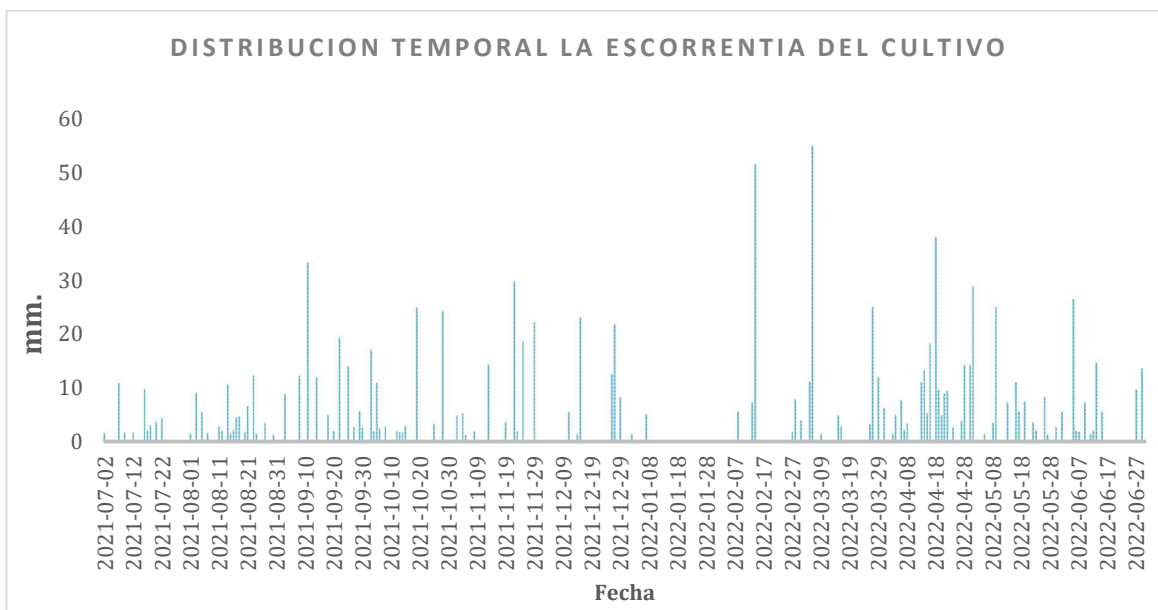


Figura 9: Distribución anual de la escorrentía

En los mapas de la figura 10, se puede observar la distribución espacial de las variables de entrada del balance hídrico. La precipitación tiene sus mayores valores hacia el mar y río León, y en la zona sur. La zona con menor precipitación y escorrentía se sitúa en la zona nororiental. Los valores máximos de escorrentía se sitúan hacia la

zona de la desembocadura del río León en el mar; hacia el norte disminuye la escorrentía, por el orden de 929 mm en la zona de Arcua. La Evapotranspiración es mayor en la zona central del acuífero de Urabá, disminuye hacia el norte, la zona sur tiene valores intermedios de evapotranspiración. La zona central, la de mayor evapotranspiración, tuvo valores que fluctuaron entre 1.454 mm/año y 1.495 mm/año.

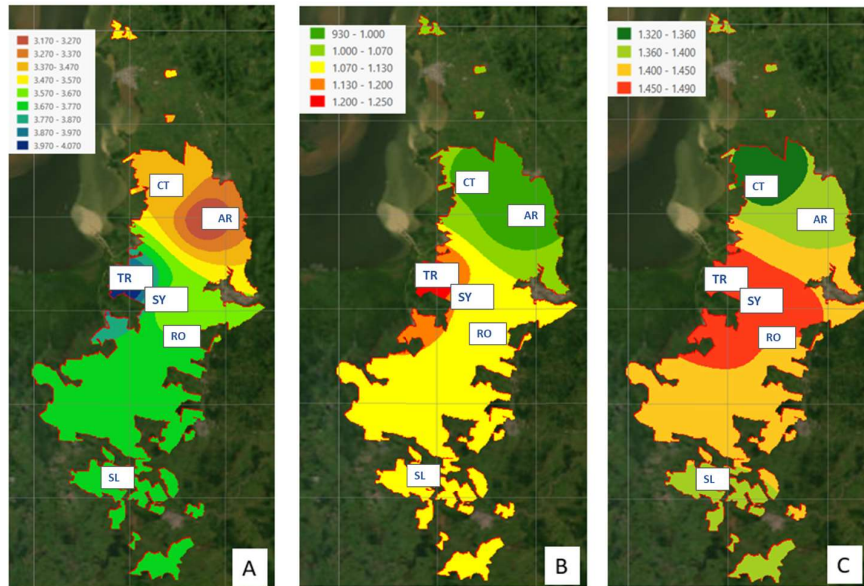


Figura 10: Mapa de distribución espacial de la precipitación (A), la escorrentía (B) y la evapotranspiración (C) del cultivo de Banano entre julio de 2021 y junio de 2022 (valores en mm/año).

En la tabla 2 se resumen las variables hidrológicas, para cada estación, para el cálculo del balance hídrico y el resultado de la estimación de la recarga. Para esta estimación el valor promedio de la recarga anual fue de 1.116 mm, con una magnitud de 863 mm en la estación más baja en el sector de Arcua (AR), y valores máximos de 1.322 mm, en el sector de la vereda San Pablo. La estación de El Trapiche (TR) tiene los valores más altos de precipitación, escorrentía, evapotranspiración y recarga. La estación con menor precipitación, escorrentía y recarga es AR, la estación de menor evapotranspiración es Cantares (CT).

Partición del balance hidrico anual por punto (mm)				
Punto	Precipitación	Etk	Q	Recarga
SY	3606,8	1481,76	1079,52	1043,12
CT	3441,4	1329,6	987,52	1121,88
SL	3710,6	1378,8	1114,08	1215,12
TR	4067,6	1493,4	1253,04	1322,96
RO	3699	1444,8	1116,96	1133,48
AR	3171,6	1375,44	929,12	863,64

Tabla 2: Partición del balance hídrico por cada estación

Para el cálculo de la recarga (**figura 11**), se tuvo en cuenta el contenido de humedad almacenado en el suelo de acuerdo a lo descrito en la metodología. Los mayores valores de recarga, se registran en la parte occidental cerca a desembocadura del río León al mar. Esta zona tuvo una recarga entre 1.240 mm y 1.311 mm, durante el año hidrológico considerado. La zona de menor recarga está situada en la zona nororiental del acuífero, cerca de Arcua y Currulao, con valores entre 863 mm/año y 1.029 mm/año. La zona de Chigorodó registró un potencial de recarga intermedio entre 1.100 mm/año a 1.200 mm/año; este valor, fue similar en la región aledaña a la zona oeste de mayor recarga. Según cálculos obtenidos por Bastidas, (2019), mediante balance por el método SWB la recarga potencial directa anual, al acuífero libre, es de 756,5 mm muy cerca al cálculo de la zona norte del área de estudio

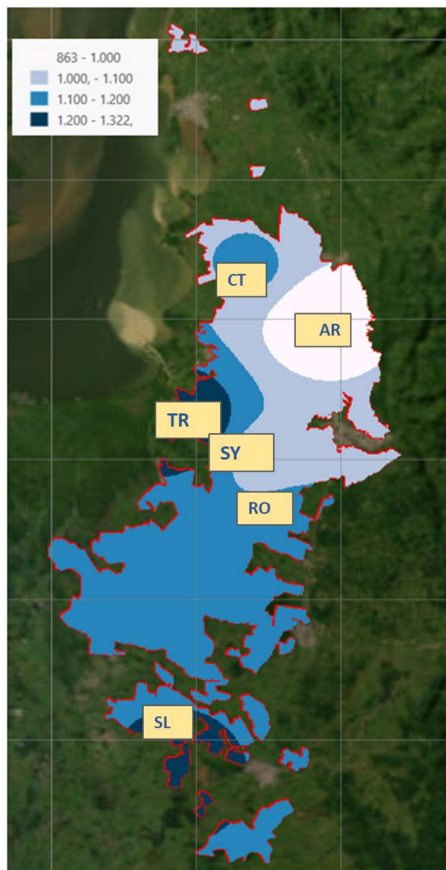


Figura 11: Mapa de distribución de la recarga potencial en la cobertura de banano entre julio de 2021 y junio de 2022 (valores en mm/año)

La distribución temporal de la recarga empieza con recargas frecuentes hasta finales del mes de octubre de 2021, cuando disminuye durante unos días, luego hay un periodo sin recarga entre enero y febrero de 2022; el periodo de evaluación termina con aportes frecuentes con tres picos arriba de 38 mm/día (**figura 12**).

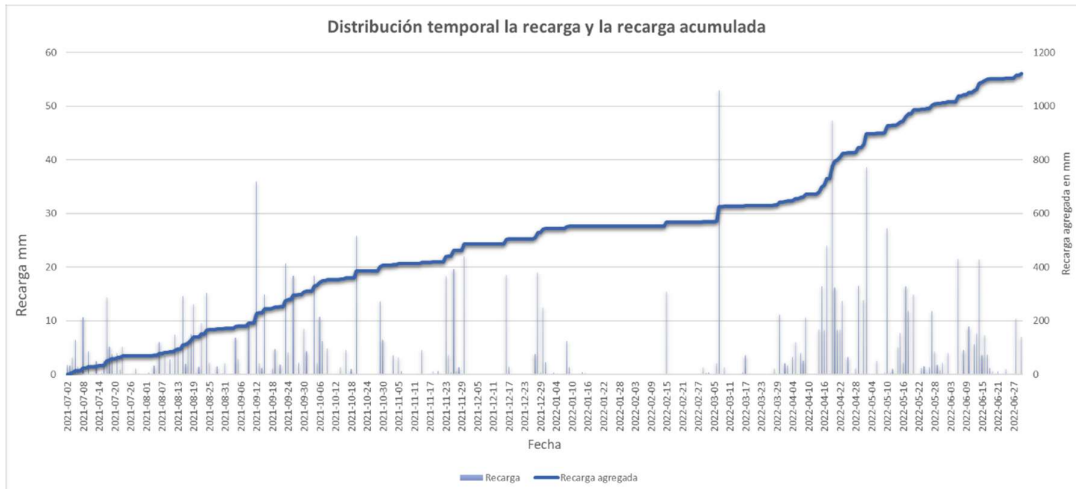


Figura 12: Distribución temporal de la recarga diaria y agregada.

La estación Solluna (SL), ubicada en el sur del acuífero, tuvo una recarga del 30% del total de la precipitación; la escorrentía, en esta estación, correspondió al 33% y la evapotranspiración al 37% de la precipitación total. En el Roble (RO), en el sector de Carepa, se estimó el 30% de escorrentía, 39% de evapotranspiración y el 31% queda disponible para recarga. La estación Sayula (SY), cerca de Apartadó, tiene valores de 41% de evapotranspiración, 30% de escorrentía y 29% de recarga. La estación Trapiche (TR) ubicada en la vereda San Pablo, cerca del canal de Nueva Colonia, reportó valores de escorrentía de 31%, valores de evapotranspiración de 37% y, finalmente, valores de recarga del 33%. Las estaciones ubicadas al norte tuvieron la siguiente partición: en la estación de Arcua (AR), los valores de escorrentía se acercaron al 29%, la evapotranspiración al 43% y la recarga del 27%, la estación de Cantares (CT), reportó valores de: 39% de evapotranspiración, 29% de escorrentía y 33% de recarga. En resumen, para la partición del balance hídrico, el 39% de la precipitación es usada por las plantas para sus procesos evapotranspiratorios, el 30% se pierde por escorrentía y el restante 31% queda disponible para recargar el acuífero multicapa (**figura 13**).

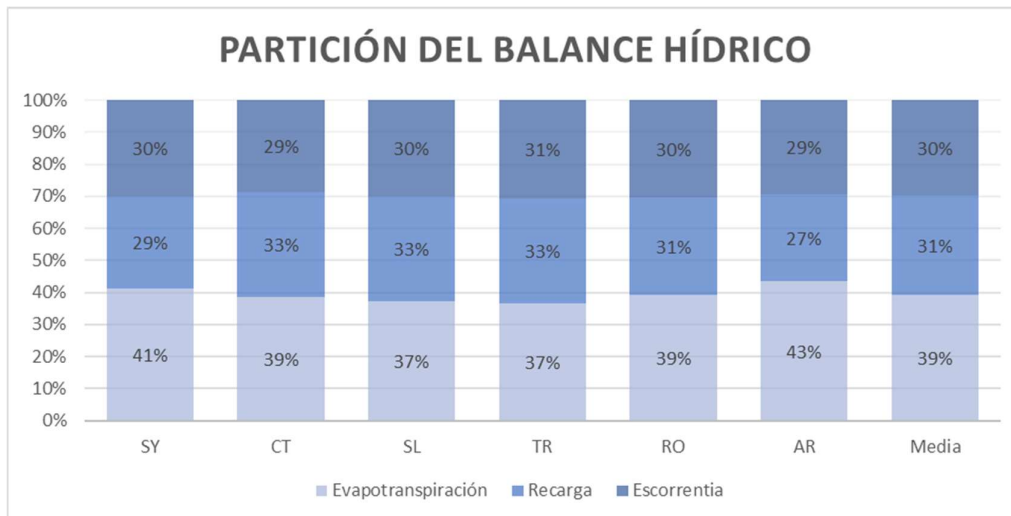


Figura 13: Partición del balance hídrico

3.2 Monitoreo de la humedad del suelo

La dinámica de humedad en la estación ubicada en la zona sur del acuífero, **figura 14**, mueve los sensores de 10 cm a 30 cm, en el año 2021. Tiene un espacio sin información, situado al inicio de 2022 entre el 21 enero y 23 de marzo. El sensor de 10 cm es muy sensible a la acción de las raíces y recupera la humedad con las precipitaciones. En los niveles de 20 cm a 30 cm pasan estables en su contenido volumétrico de agua, se asume que se mantienen en capacidad de campo durante todo el año, a excepción de los meses de noviembre 2021, que disminuyó la precipitación y las raíces bajan a buscar esta agua almacenada.

Las raíces de estas dos profundidades se activan después de que se agota el agua en los primeros 10 cm del suelo; a partir del 05 de octubre, que se da la primera activación de las raíces de 20 cm y 30 cm, la finca sincroniza sus raíces y, a partir de esta fecha, los tres sensores se agotan al mismo ritmo. Desde el mes de diciembre de 2021, se observa que todos los sensores están en capacidad de campo sin agotamiento, con todos los microporos llenos de agua. Los sensores de 50 cm en adelante permanecen en un mismo porcentaje de humedad, lo que indica que no hay acción de raíces a partir de esa profundidad en ningún momento del periodo estudiado. Es posible que a estas profundidades se den dos condiciones: se mantienen en capacidad de campo o el suelo permanece en saturación.

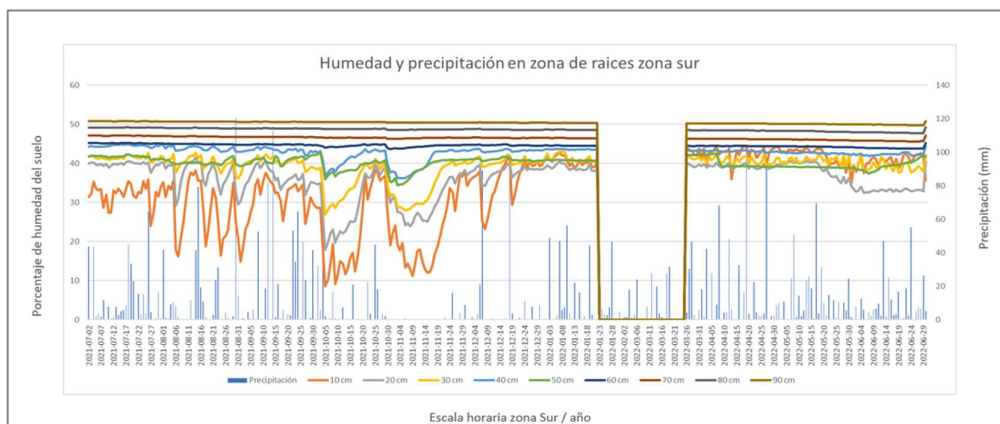


Figura 14: Seguimiento a la humedad del suelo y precipitación, a escala diaria zona sur.

De acuerdo al seguimiento anual se describe, a partir de los datos a escala horaria, el comportamiento de las raíces durante los meses de enero a marzo que corresponden a la época con menores precipitaciones del año (**figura 15**). Los sensores se activaron entre los 10 cm a 30 cm; mientras que los sensores de 40 cm y 50 cm, permanecieron en capacidad de campo (40% a 42% de humedad). La lectura de humedad a 60 cm en adelante permanecen en nivel de saturación, cerca de 50%.

Cuando se analiza en detalle el sensor de 10 cm, se puede conocer la actividad transpiratoria de la planta; los contenidos de humedad del suelo bajan en el día, y se estabilizan en la noche formando unas “escalas”, de la alternancia entre día y noche. La planta activa la transpiración en el día y cierra estomas en la noche. Cuando la humedad del suelo se agota en esa primera capa, las raíces dejan de extraer agua de 10 cm de profundidad. Como no encuentran agua fácilmente aprovechable a 10 cm, las raíces crecen y se desarrollan a 20 cm y 30 cm buscando humedad, este momento se le llama **primer ciclo de agotamiento del agua** (figura 15 (1)); cuando se repone el agua, vía riego o precipitación, la extracción se hace simultáneamente en las tres profundidades después del primer ciclo de agotamiento, a este momento se le denomina **sincronización de raíces** (figura 15 (2)). La zona de exploración potencial de banano se estima en 100 cm; en esta gráfica solo se ve actividad teniendo en cuenta la disminución en el porcentaje de agua, en los primeros 30 cm de suelo.

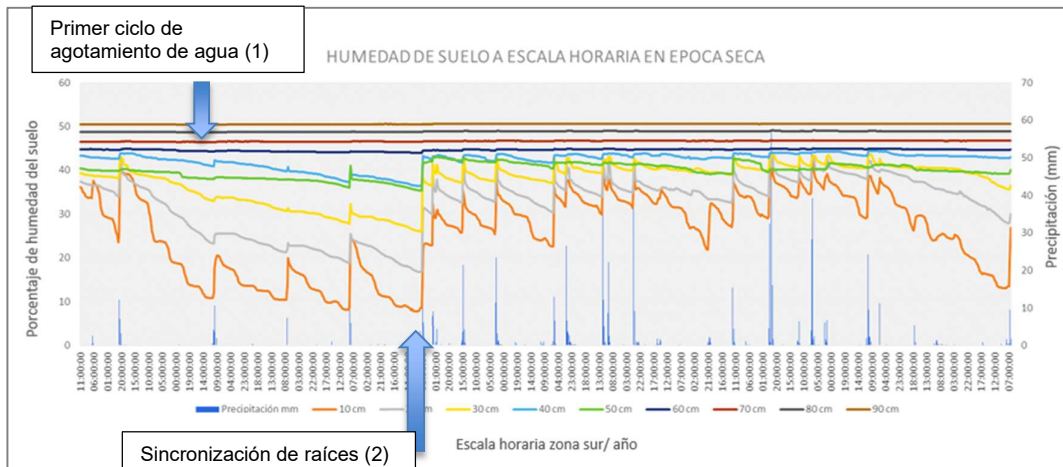


Figura 15: Seguimiento a la humedad del suelo y precipitación, a escala horaria zona sur

La dinámica de humedad en la estación ubicada en la zona central tuvo actividad de raíces de 0-30 cm. La estación inicia el periodo de evaluación con los sensores en capacidad de campo, con solo actividad de raíces a 10 cm del suelo, representado en la **figura 16** por el sensor azul; posteriormente, en la época enero a marzo se activaron, adicionalmente, los sensores de 20 cm y 30 cm; después de abril, la dinámica temporal de la humedad termina el periodo de evaluación con actividad solo en los primeros 10 cm. Cuando la humedad llega a valores por debajo del punto de marchitez permanente, en los primeros 10 centímetros del suelo, las raíces de la planta de banano empiezan a profundizar y activan los sensores de 20 y 30 centímetros, bajan en su contenido de humedad consumiendo el agua almacenada en el suelo a esa profundidad. En el periodo de evaluación las raíces no utilizaron el agua desde los 40 cm en adelante, ya que estos sensores permanecen estables.

A partir de marzo las precipitaciones diarias no permiten un agotamiento de la humedad del suelo, esto generó anoxia en las raíces con porcentajes de aire muy bajos (8%-12% del volumen total del suelo). Los poros del suelo pueden estar ocupados por agua o aire, cuando el suelo está saturado, todos sus poros están llenos de agua, una vez empieza a drenar el agua gravitacional los macroporos se llenan de aire; cuando la planta transpira, los microporos se ocupan por aire. Si conocemos el porcentaje de saturación del suelo y el porcentaje de humedad, podríamos estimar cuanto porcentaje del suelo está ocupado por aire. Cuando las raíces no tienen un % de aire suficiente en el suelo bajan la transpiración, son más propensos a plagas y enfermedades, reducen la toma de nutrientes y disminuyen los rendimientos (**figura 16**) (Ferreira & Selles, 2013).

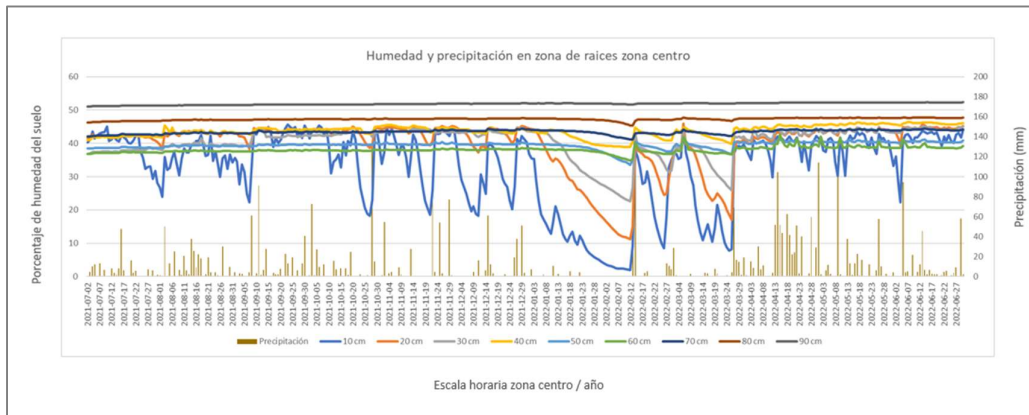


Figura 16 Seguimiento a la humedad del suelo y precipitación, a escala diaria zona centro

La dinámica de humedad en la estación ubicada en la zona norte del acuífero, comienza con actividad entre 0-20 cm. En el mes de octubre y noviembre 2021, se activan dos sensores más y las plantas profundizan raíces hasta los 40 cm; hay una breve interrupción de la actividad de raíces por el incremento de las precipitaciones en diciembre; luego, en el periodo de enero a marzo de 2022 las raíces vuelven a extraer agua hasta 40 cm; finalmente, el periodo de evaluación termina como empezó, es decir, con actividad superficial de raíces, a solo 10 cm de profundidad.

Cuando llueve, el sensor de 10 cm recupera la humedad y llega a niveles entre 30 y 35% durante toda la temporada de evaluación, cuando las raíces agotan la humedad este sensor lo indica, la humedad se recupera con las precipitaciones frecuentes hacia el final del periodo de evaluación. Los sensores de 20 cm, 30 cm y 40 centímetros se activan después de que se agota el agua en los primeros 10 centímetros del suelo y en los periodos subsiguientes sin precipitaciones frecuentes del año estudio. Los sensores de 50 cm a 90 cm se mantienen entre 41% y 43%, lo que indica que no hay acción de raíces a partir de esa profundidad (**figura 17**).

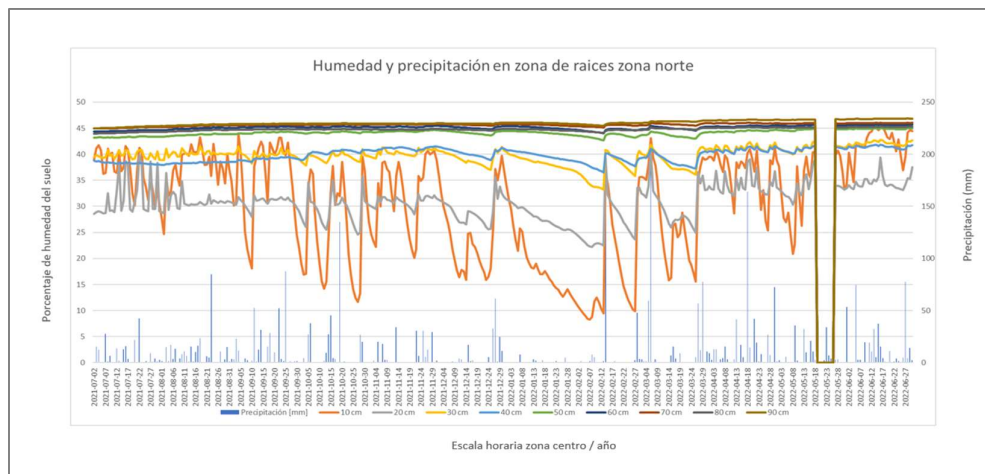


Figura 17: Seguimiento a la humedad del suelo y precipitación, a escala diaria zona norte

La estación de humedad de la zona norte, presenta mayor ocupación de los poros por aire, en comparación con las otras dos zonas; el rendimiento y productividad del cultivo puede ser mucho mayor en esta parte del eje bananero. De las tres estaciones, es la que da un mejor uso de la humedad del suelo en la zona de raíces, tanto en profundidad, como en actividad de las raíces y porcentaje de aire.

3.3 Caracterización de iones en zona de raíces

En las 19 fincas se tomaron de las 228 muestras de solución de suelos durante el 2021, el detalle de los análisis está incluido en el **anexo 1**. A continuación se presenta el resumen estadístico de las variables, la comparación de medias de las variables en profundidad y el análisis de componentes principales.

Los valores medios de cada parámetro en solución de Suelos fueron: El pH se sitúa en 6,2 ligeramente ácido; la conductividad eléctrica tuvo un valor promedio de 912 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pero con una alta variabilidad. De los aniones el de mayor valor es el Cl^- con 3,63 meq/L de valor promedio; el segundo anión por concentración es NO_3^- su valor medio es de 2,79 meq/L, este es un ion de especial seguimiento por su importancia ambiental, su valor máximo fue de 20,8 meq/L. A continuación, está el SO_4^{2-} , con 2,83 meq/L de concentración en solución de suelos; para el H_2PO_4^- está cerca al valor de no detectable registrado por el laboratorio. En cuanto a los cationes el Ca^{++} , tiene un valor de 4,97 meq/L, siendo en ion de mayor concentración; luego el Mg^{++} , tiene una concentración promedio de 2,37 meq/L; Na^+ tiene un valor medio de 0,47 meq/L y el ultimo catión en concentración es K^+ con un valor de 0,35 meq/L. Los elementos menores no se mencionan en este análisis, ya que no fueron tomados en todas las fincas. Estos valores se compararon a las tres profundidades, para poder analizar la migración de iones en el perfil.

Cuando se analizan los valores de las variables en las tres profundidades de las muestras de solución de suelos, se obtuvieron seis variables con diferencias significativas. Las variables con diferencias significativas son: pH, conductividad eléctrica CE, nitratos (NO_3^-), calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}) y potasio (K^+) (**figura 18**). El pH, está cercano a 6 a la profundidad de 20 centímetros, debido, en parte, a la acidificación residual de los fertilizantes nitrogenados, la acción de las raíces y el lavado de cationes básicos; En 40 cm y 60 cm el pH sube y se sitúa en el rango de ligeramente ácido (6,3 y 6,4 respectivamente), cercano a la neutralidad (**figura 18 F**). La CE (**figura 18 E**), se sitúa a 20 cm en 1.157 $\mu\text{S}/\text{cm}$, disminuye a 970 $\mu\text{S}/\text{cm}$, para, finalmente estabilizarse en 610 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 60 cm; este comportamiento indica que la conductividad eléctrica sube en la capa superficial por la solubilización de las sales incorporadas con

la fertilización (**figura 18 E**). En el caso de NO_3^- , los valores a 20 cm y a 40 cm, fueron similares 3,6 meq/L y 3,2 meq/L, sin embargo, a 60 cm la concentración baja a 1,45 meq/L; en el caso de nitratos, la influencia de la fertilización llega hasta los 40 cm, para poder acceder a este nitrógeno, la planta debe tener raíces a esta profundidad, de lo contrario, se perdería por lixiviación (**figura 18 A**). En el caso de Ca^{++} , los valores a 20 cm están en promedio en 6,5 meq/L a 40 cm meq/L y 3,3 meq/L a 60cm, indica influencia de los aportes nutricionales en las capas más superficiales del suelo (**figura 18 B**). En Mg^{++} , los valores de concentración de 3,2 meq/L a 20 cm, 2,7 meq/L a 40 cm y 1,8 meq/L a 60 cm, lo que indica una concentración alta en la primera sección evaluada (**figura 18 D**). En el caso del K^+ , las concentraciones parten en 0,8 meq/L en 20 cm, bajan a 0,52 meq/L en 40 cm, para, finalmente, estabilizarse en 0,3 meq/L a 60 cm; el seguimiento de este nutriente es muy importante, ya que es el elemento más extraído por el cultivo de banano y, por ende, el de mayor aplicación (**figura 18 C**).

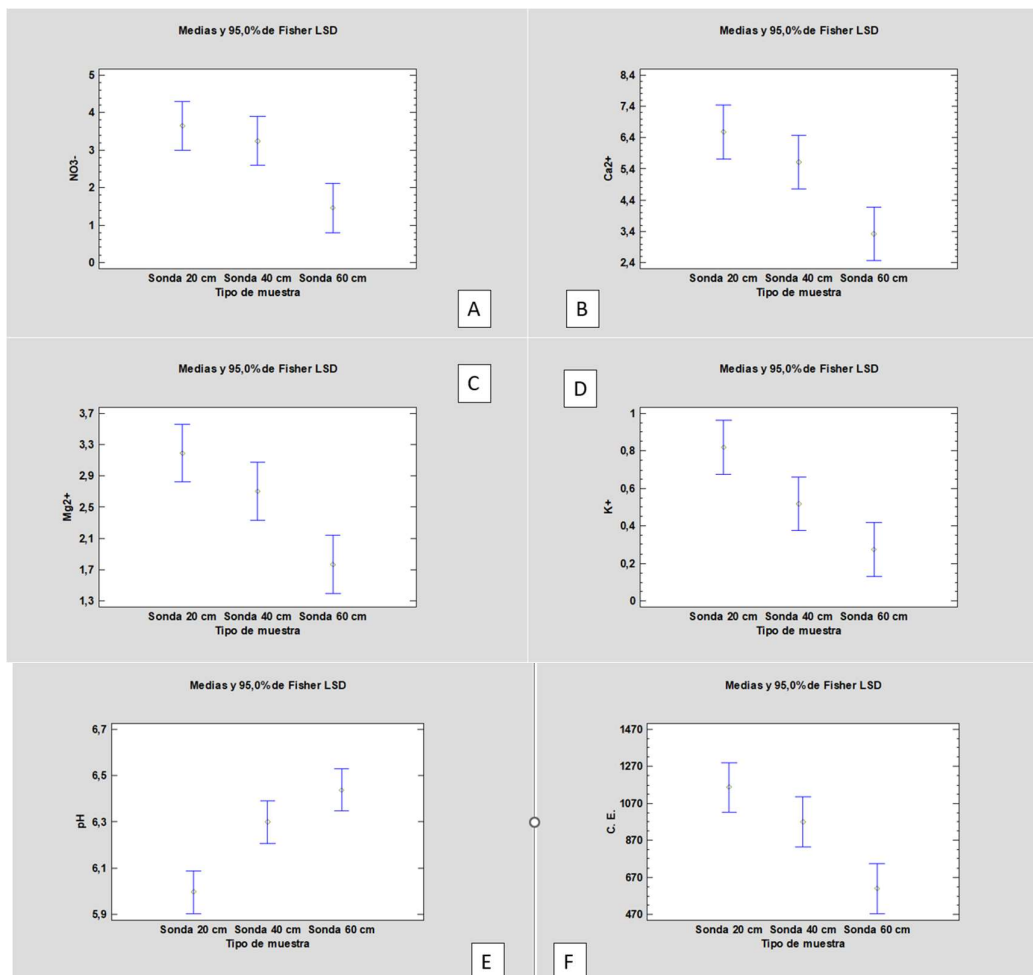
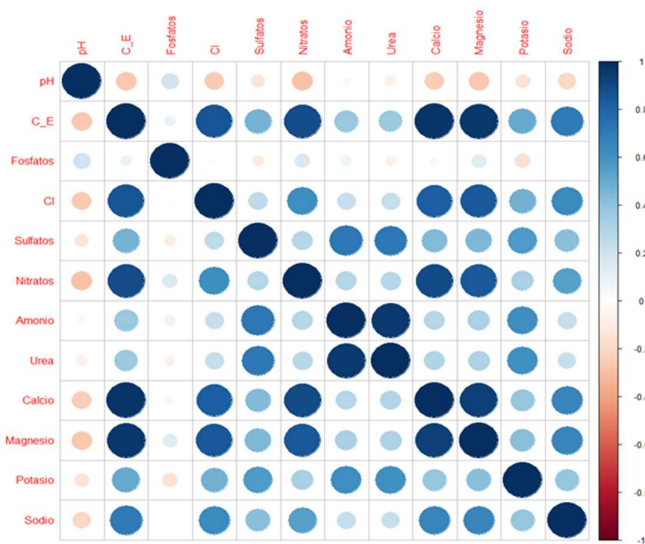


Figura 18: Comparación de medias de las variables con diferencias significativas. nitratos, (A) calcio, (B) potasio (C), magnesio (D), C.E. (E), pH (F).

Los valores medios a 20 cm fueron superiores para CE, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, esta situación indica una mayor concentración de nutrientes en la zona de raíces.

Con el análisis de componentes principales buscamos explicar la variabilidad de las variables con respecto al conjunto de datos. Las variables del estudio: iones en solución, pH y CE se resumen en dos componentes principales (**figura 19**). El primer componente está conformado por CE, Cl⁻, NO₃⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, este componente captura el 47% de la varianza. El segundo componente está conformado por SO₄²⁻, NH₄⁺, urea y K⁺, captura el 16% de la varianza, acumulando el 63% entre ambos. El H₂PO₄⁻ y el pH, no hacen parte de los dos componentes usados en el análisis, sin embargo, hacen parte del componente 3 y tienen una alta correlación entre sí. Las variables del primer componente tienen una correlación directa y significativa entre sí; los cationes Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y la CE, son los de mayor peso en el componente 1, este componente puede estar agrupando variables de origen endógeno del suelo, es decir derivados de la meteorización de los minerales en la génesis del suelo. Las variables de este componente tienen una correlación alta y positiva entre sí. En el segundo componente, al igual que en el primero, las correlaciones son positivas y significativas entre cada una de las variables; las variables NH₄⁺, urea, son las de mayor influencia dentro del componente 2 y pueden estar relacionadas con el aporte exógeno de nutrientes, es decir la fertilización.



(A)

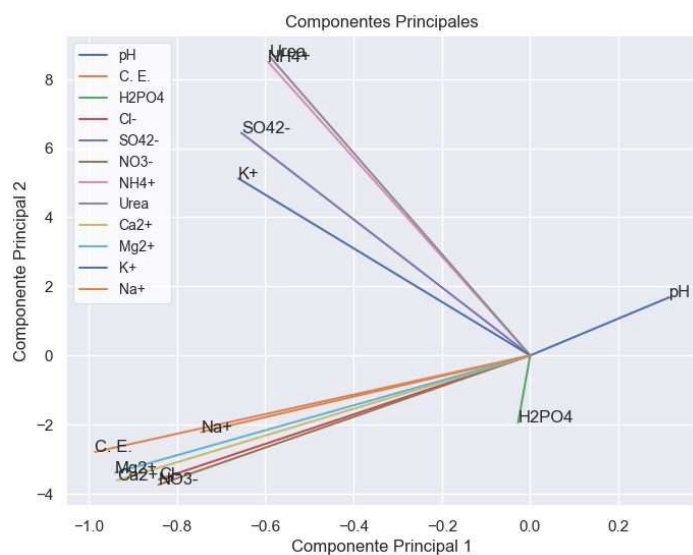


Figura 19: Análisis de correlaciones múltiples (A) y componentes principales (B) de soluciones de suelos en zona de raíces.

3.4 Análisis foliares

Los resultados de los análisis se muestran en el **anexo 2**; su resumen estadístico se aborda a continuación. Las muestras foliares se analizaron con tres pruebas, la primera es un resumen estadístico y su posterior comparación con los niveles de suficiencia para el cultivo de banano, la segunda es el análisis de correlaciones múltiples y el tercero un análisis de componentes principales para la reducción de las variables.

Los análisis foliares de laboratorio marcan el nivel de suficiencia de nutrientes y el estado nutricional general del cultivo de acuerdo a las referencias (Twyford & Walmsley, 1975, 1974, 1976; Lopez, Vargas, Vargas, & Espinoza, 2001 y Gómez, 2006) (**figura 20**). Todos los nutrientes se encontraron en niveles óptimos para la producción bananera, a excepción de nitrógeno y calcio. Estos nutrientes deficitarios de acuerdo a sus valores de referencia. Las plantas tuvieron baja absorción de nutrientes debida a que muchos de estos se absorben por flujo de masas, es decir, son movidos en la corriente transpiratoria. Por lo tanto, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica (humedad relativa) y el viento, deben ser considerados como variables que modifican la transpiración, y por tanto la absorción de nutrientes (Ferreya & Selles, 2013). Además de la transpiración, el exceso de lluvias y el bajo porcentaje de aire en el suelo, también afectan la absorción de elementos nutritivos. En cuanto a los elementos con potencial toxico, se tiene altos niveles de aluminio y cloruros. Los cloruros están por encima del valor mínimo de toxicidad, consecuente con lo encontrado en las soluciones de suelo e interacciones entre nutrientes. Los niveles de aluminio son altos, el aluminio no es un nutriente esencial, sin embargo, se monitorea para definir si hay

toxicidad. En el caso de estudio, los niveles foliares de Al^{+3} son excesivos, pueden estar afectando las raíces y la absorción de otros nutrientes como calcio, magnesio y potasio.

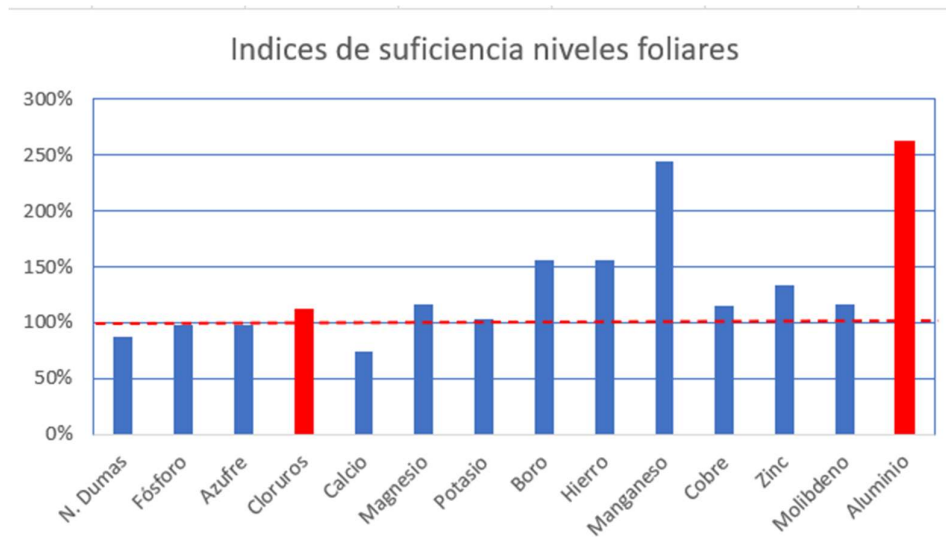


Figura 20: índices de suficiencia relativa en tejido foliar. Este análisis se hace de acuerdo al nivel mínimo en hoja de banano

De las muestras de tejido foliar tomadas en este estudio se realizó un análisis de componentes principales. Con el análisis de componentes principales buscamos explicar la variabilidad de los parámetros con respecto al conjunto de datos (**Figura 21**). El componente número uno se contiene: los niveles foliares de nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), cloro (Cl), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), boro (B) y cobre (Cu); y en el dos, hierro (Fe), manganeso (Mn) y aluminio (Al).

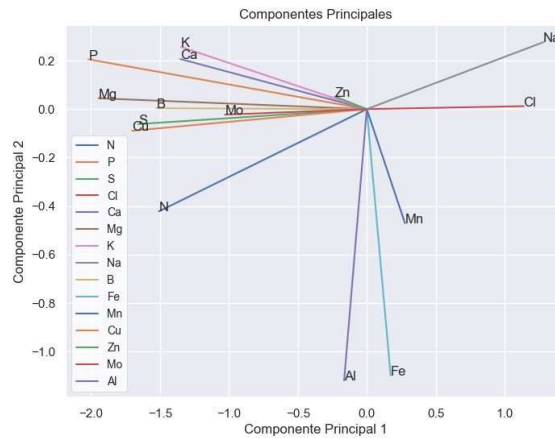


Figura 21: Análisis de componentes principales análisis foliares.

De las interacciones entre nutrientes podemos resaltar la relación antagónica entre cloro con nitrógeno y azufre, consistente con lo encontrado en las soluciones de suelos. También la relación positiva entre aluminio, hierro, manganeso, en el

componente 2; estos cationes metálicos son pH dependientes, sus dinámicas se sincronizan con cambios en el pH en solución de suelos. Sodio, presenta, también relación antagónica con los demás nutrientes que se absorben como cationes y especialmente con nitrógeno (que se absorbe como catión, NH_4^+ , y anión, NO_3^- , en las plantas).

3.5 Buenas prácticas agrícolas

Se construyó una matriz de diagnóstico de buenas prácticas agrícolas de las fincas entrevistadas, clasificándolas en parámetros y prácticas culturales. En los resultados se muestran las practicas más relevantes, de acuerdo a las encuestas.

. Según los resultados de la encuesta para manejo de la nutrición, los procesos de diagnóstico nutricional, manejo, almacenamiento, registro y aplicación de fertilizante, se hace con criterios técnicos y acompañado por un profesional competente. En cuanto al manejo del suelo, el 100% de las fincas toma sus decisiones nutricionales basados en estudios de suelos. El 33% y 25% son suelos de texturas arcillosas y arenosas respectivamente; la aplicación de fertilizantes cada 4 semanas es de 90 a 120 gramos/planta, el 91% de las fincas realizan aplicaciones de materia orgánica, de las cuales el 41% aplican de 3 Kg a 5 kg cada 6 meses y el 83% de los productores implementan cultivos de coberturas (**Tabla 3**).

Manejo del suelo		
Parametros	Parametros	Porcentaje
¿Cuentan con estudios de suelos en la finca?	Sí	100%
	Suelos Arcillosos	33%
¿Qué tipo de suelos se han identificado en la finca?	Suelos Arenosos	25%
	Suelos francos	16,60%
	Suelos Limosos, Suelos Arcillosos	9%
	Suelos Arcillosos, Suelos Arenosos, Suelos francos	8,33%
¿Con qué frecuencia se aplican los fertilizantes después de la siembra y que cantidades por planta?	Suelos Arcillosos, Suelos Arenosos	8,33%
	4 semanas, 90 a 120 g/planta	33,40%
	4 semanas, 100 gramos/planta	17,00%
	3 semanas , 70 gramos/planta	33%
	2 semanas, 70 gramos/planta	8,27%
¿Con qué frecuencia se aplica materia orgánica y en que cantidades por sitio o planta?	8 semanas, 100 gramos/ planta	8,33%
	No se aplica	9%
	0,5 al año, 5kg/planta	17%
	1 al año, 2 kg/planta	33%
¿Implementa cultivos de cobertura del suelo?	2 veces por año, 3 a 5 Kg/planta	41%
	Sí	83%
	No	17%

Tabla 3: Clasificación de prácticas del manejo del suelo en las fincas entrevistadas en la región de Urabá

La eficiencia de los tres principales nutrientes, **figura 22**, fue de: nitrógeno 26% el rango de 16% a 41%; potasio 50.71% rango de 30% a 75%, fósforo 12,37 %, rango de 5% a 20%. Estas variables tienen una correlación positiva entre sí, lo que demuestra la sinergia entre los aportes de los nutrientes para llegar a una mejor nutrición. Las eficiencias de los nutrientes principales son muy bajas, con relación a la literatura, es posible que el rendimiento del banano en la zona de Urabá esté relacionado con variables de física de suelo, aireación, luminosidad baja o exceso de humedad (Fonseca, F, 2014 & Twyford & Walmsley, 1975, 1974, 1976)

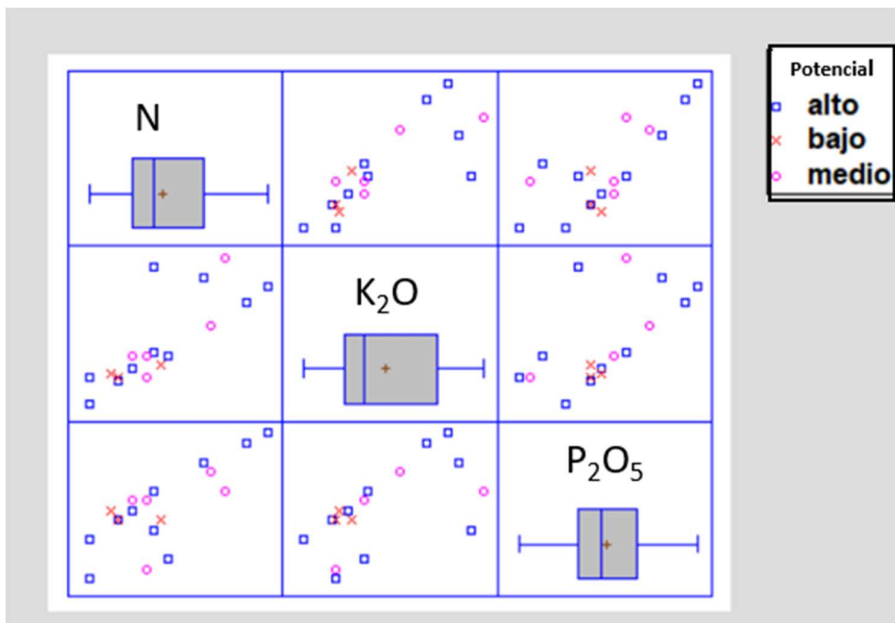


Figura 22: Correlaciones y medias de las eficiencias de nutrientes, relacionado con el potencial productivo

En el componente de las BPA asociadas al uso del agua, se encuentra que solo el 8% de las fincas entrevistadas cuentan con sistema de riego por aspersión, de estas fincas el 75% del agua es tomada de fuentes subterráneas y un 25% de aguas superficiales (**Tabla 4**). El 92% de las fincas, tienen variedades tolerantes a condiciones de clima y suelo, resaltando los cultivares Valery y Williams. En cuanto al manejo del agua en el proceso de empaque, hay una implementación y uso del 100% de las fincas con sistema de recirculación y de recambio cada mes. El 100% de las fincas hacen

control y registro del consumo de aguas a través de medidores.

Manejo del agua		
¿La finca cuenta con sistema de riego?, ¿De qué tipo?	Sí, Aspersión	8%
	No	92%
¿De dónde se obtiene el recurso hídrico?	Aguas subterráneas (Pozos, Cenotes, Norias, Galerías)	75%
	Aguas superficiales (Ríos, Arroyos, Presas, Lagos, Manantiales)	25%
¿Cuenta con planta de re circulación?	Sí	100%
¿por cuanto tiempo re circula el agua en la empacadora?	2 semanas	8%
	1 Mes	67%
	3 Meses	9%
	6 Meses	26%
¿Cuentan con algún un control para el consumo del agua?, ¿Cuál?	Medidor	100%
¿Se manejan variedades resistentes al estrés hídrico?	NO	8%
	Sí, variedad Valery	50%
	Sí, variedad Williams	42%

Tabla 4: Clasificación de prácticas del manejo del uso del agua en las fincas entrevistadas en la región de Urabá

En el componente de manejo seguro de agroquímicos de la encuesta, el almacenamiento de agroquímicos, se realiza en infraestructura diseñada para este fin. De los plaguicidas aplicados para el control de arvenses son Glufosinato de amonio, Glifosato, Ametrina con aplicaciones en un 75% en las fincas cada 4 semanas. En este punto hay que anotar que en la actualidad las certificaciones internacionales y la unión europea, han limitado el uso de Glifosato y Glufosinato en Banano. En cuanto al control de artrópodos limitantes del cultivo de banano, el 58% realizan monitoreo antes de utilizar insecticidas, control cultural y biológico. Para el uso de fungicidas los más usados son Triazoles, Mancozeb, ejecutando monitoreos y aplicaciones cada 9 a 11 días, adicionalmente el 91,7 % de las fincas adicionan en los plaguicidas Adherentes y Aceites, **Tabla 5**.

De acuerdo a lo consultado al momento de aplicar productos fitosanitarios se tiene en consideración toda la información brindada por la etiqueta y hoja de seguridad de estos. Los productos son elegidos por el ingeniero agrónomo, encargado de un asesoramiento continuo, de acuerdo con las necesidades de los cultivos. **Tabla 6**.

Manejo de plaguicidas		
Parámetros	Parámetros	Porcentaje
¿Cuáles son los productos más utilizados en el control de arvenses o malezas?	Glifosato	7%
	Glufosinato de amonio	10%
	Glufosinato de amonio, Glifosato, Ametrina	83%
¿Con qué frecuencia se controlan arvenses?	4 semanas	75%
	8 semanas	25%
¿Realizan monitoreo para el manejo de las poblaciones de artrópodos limitantes (insectos, arácnidos, miriápodos, etc.) antes de realizar aplicaciones de insecticidas?	Sí	58%
	No	42%
¿Se acude a alguna estrategia de manejo diferente al uso de insecticidas?	Control cultural	30,0%
	Biológico	35,6%
	Control cultural, Biológico	34,4%
¿Cómo se hace el monitoreo de fitopatógenos (Sigatoka) antes de hacer aplicaciones?	Monitoreo en campo antes de realizar aplicaciones de fungicidas	100%
¿Cada cuánto (semanas o días) se aplican los productos para el manejo de fitopatógenos?	Semanal	0,42
	Intervalos entre 9 y 11 días	0,58
¿Cuáles son los nombres comerciales de los productos que se utilizan en el manejo de fitopatógenos?	Benzimidazoles, Triazoles, Aminas, Mancozeb, Anilino pirimidinas (APs), Inhibidores de la demethylation, Guanidinas	33%
	Triazoles, Mancozeb	67%
	Adherentes, Aceites	91,7%
¿Qué otros productos se utilizan con las aplicaciones de plaguicidas?	Jabones	8,30%

Tabla 5: Clasificación de prácticas del manejo de plaguicidas en las fincas entrevistadas en la región de Urabá

4. DISCUSIÓN

Los cultivos de banano cubren un 37% de la zona de recarga directa del acuífero de Urabá, esta situación genera conflictos en términos hidrogeológicos por la potencial afectación a la calidad del agua subterránea, debido a la utilización de plaguicidas, fertilizantes y/o producción de materia orgánica, los cuales se infiltran en el subsuelo, modificando las condiciones de calidad natural del recurso hídrico subterráneo (Cardona, et al., 2016). Estos conflictos asociados a las prácticas agrícolas pueden monitorearse y remediarse a partir del conocimiento del comportamiento de las variables hidrológicas, el análisis de solución de suelos, los diagnósticos nutricionales, el monitoreo de la humedad del suelo, el monitoreo de clima y la implementación de buenas prácticas agrícolas; herramientas todas, profundizadas en este estudio.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la recarga, para el periodo julio 2021-junio 2022- osciló entre 863 mm/año y 1.322 mm/año; hay que destacar que siendo este un año húmedo, estos valores son aún superiores a los calculados por CORPOURABA y Universidad de Antioquia (2016) y Bastidas (2019); de acuerdo con estos la magnitud de la recarga para los escenarios de más lluvia estaban en el orden de 900-920 mm/año. En el mismo sentido del comportamiento hidrológico vale la pena señalar que la tendencia en la variación espacial de la precipitación, registrada para este estudio,

también difiere del sentido del gradiente que normalmente se ha considerado en la región de Urabá; según los actuales resultados la tendencia de aumento de la precipitación no fueron en dirección en sur -norte como se ha reportado en años anteriores por Bastidas (2019) y Salazar (2012); en este estudio, los mayores registros se encuentran en el oeste, cerca de la desembocadura del río León al mar, luego disminuye hacia el noreste de la zona de estudio, hacia el sur los valores son medios.

En relación con la variación vertical en la actividad de las raíces los hallazgos señalan, que esta se concentra en los niveles menos profundos; cabe señalar que esta situación puede estar asociada a un bajo porcentaje de aire en los poros del suelo; cuando sus niveles de oxígeno son bajos, las plantas cierran estomas, al igual cuando hay déficit hídrico (Ferreyra & Selles, 2013). Esta actividad está limitada a los primeros 10 centímetros del suelo, cuando el aporte de agua por precipitación bajó, disminuyó el porcentaje de agua del suelo y, por consiguiente, aumentó el porcentaje de aire en proporción, las raíces buscaron agua a mayor profundidad y aumentó el crecimiento de raíces a niveles más profundos. Estos eventos se dieron en octubre de 2021 hasta noviembre de 2021, y entre enero y marzo de 2022. En el periodo evaluado, las raíces no bajaron de 50 centímetros, utilizando solo una fracción del suelo. De aquí se deriva la necesidad de buscar prácticas agrícolas que permitan obtener el equilibrio entre agua y aire para que las plantas de banano puedan utilizar el agua almacenada en el suelo. La estación norte tuvo una mayor aireación y profundidad en la exploración de raíces, la mejor exploración del suelo en este sector, puede desembocar en mejores rendimientos en cajas exportadas por hectárea. Al igual que el estudio de Zapata Hernández (2017) se observó que las fincas bananeras en la mayoría de las condiciones, incluso en la época seca, el estado preferencial de la humedad del suelo en la zona radicular fue ser igual o estar por encima de la humedad a capacidad de campo, lo que invita a evaluar de una manera más profunda la necesidad de riego y drenaje en función del clima y las propiedades hidrofísicas del suelo. Para mejorar el seguimiento de las variables asociadas con el funcionamiento de las raíces del cultivo de Banano y su relación con el clima y las prácticas culturales, es necesario hacer mediciones continuas para lograr una mejor representación de las dinámicas de la humedad del suelo y el nivel freático, en especial en la época seca donde se encontraron valores altos de la humedad del suelo en la zona radicular, pudiendo afectar el normal funcionamiento del cultivo de banano (Zapata Hernández, 2017)

En los datos de soluciones de suelos, se encontraron los fertilizantes químicos concentrados en los primeros centímetros. A medida que se profundiza en el perfil estas concentraciones bajan y se alcanzan los niveles estables, indicando que los iones de la solución de suelo no están migrando a capas subsuperficiales. El anión predominante en las soluciones de suelo es cloruro (Cl^-), aunque es esencial para las plantas, en exceso causa antagonismo con otros aniones y toxicidad en las plantas. Este exceso de Cl^- puede afectar la absorción de nitrógeno, fósforo y azufre. La fuente de este Cl^- es el muriato de potasio, que se aplica en banano como fuente del catión; la planta toma todo potasio (K^+) de esta sal y parte del Cl^- , dejando el excedente en el suelo; posteriormente este Cl^- puede migrar en profundidad al acuífero libre o lavarse horizontalmente en la escorrentía, llegando a las fuentes superficiales de agua. Los niveles de SO_4^{2-} y NO_3^- , son suficientes para la nutrición de banano y provienen del aporte de los fertilizantes químicos y la mineralización de la materia orgánica. En el caso del H_2PO_4^- los mecanismos de fijación, inmovilización y adsorción, reducen la disponibilidad de ion fosfato en la solución de suelos, por esta razón las concentraciones son indetectables por el laboratorio. En cuanto a los cationes el de mayor concentración es el Ca^{2+} , seguido de Mg^{2+} , Na^+ y K^+ ; estos cationes tienen una distribución proporcional a los niveles de nutrientes disponibles, y la saturación de cada catión en las zonas de intercambio del análisis de suelos, lo que indica la influencia de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en la administración de los cationes en el suelo.

En soluciones de suelo, el pH es más alto a medida se profundiza en el suelo, esto indica que ya la aplicación de fertilizantes solo modifica la zona superficial del suelo. Con cambios en el pH en solución de suelos, varía la disponibilidad de cationes metálicos y su absorción por la planta; en el tejido foliar, hay correlación positiva entre aluminio, hierro, manganeso; esto puede indicar, el papel de pH en solución en la absorción de estos cationes. El sodio, presenta una relación antagónica con los demás nutrientes que se absorben como cationes (NO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+), especialmente podemos resaltar el antagonismo con nitrógeno; hay que recordar que el N es absorbido por las plantas, como catión, NH_4^+ , y anión, NO_3^- (Azcon-Bieto & Talón, 2013). Las soluciones de suelo son una herramienta útil para monitorear el comportamiento de los nutrientes en la solución de suelos, monitorea iones claves ambientalmente, como NO_3^- , y mejora la toma de decisiones nutricionales.

Según los resultados del muestreo de suficiencia de nutrientes en tejido foliar y, teniendo en cuenta los niveles óptimos para la producción bananera, los nutrientes más deficitarios son N y Ca. Ambos nutrientes, se mueven por transporte pasivo o flujo de masas, debido a las altas precipitaciones, bajos niveles de aire en el suelo y nubosidad presentados durante el estudio, es posible que la absorción de estos nutrientes este limitado por el factor clima (Azcon-Bieto & Talón, 2013). El cloro está por encima del valor mínimo de toxicidad, consecuente con su predominancia en las soluciones de suelo.

Las fincas bananeras, de la zona de estudio, implementan buenas prácticas agrícolas, esta implementación está asociada a las exigencias de los clientes a través de las certificaciones, el cumplimiento de la normatividad de Corpouraba y el ICA y el desarrollo de una agroindustria responsable ambientalmente. Las prácticas de manejo integrado de plagas, planta de recirculación, análisis de suelos y medición de consumo de agua, están masificadas en todas las fincas. No obstante, como ya se mencionó en este trabajo y otros estudios, las nuevas prácticas podrían implementarse para optimizar el riego, dado que se evidencia que el aprovechamiento del agua en el suelo se concentra en los primeros centímetros del suelo. Las prácticas recomendadas son: uso de coberturas vegetales, descompactación del suelo manual, subsolado con máquina, aplicación de materia orgánica, uso de micorrizas y otros microorganismos funcionales y uso de enmiendas minerales (Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá - CORPOURABA & Universidad de Antioquia, 2019) (Bernal, Delgado, Osorio , Perez, & Zapata , 2023) (CORPORACIÓN BANANERA NACIONAL, 2011).

5. CONCLUSIONES

Los cultivos permanentes de banano situados sobre el acuífero de Urabá, presentaron una partición del balance hídrico promedio distribuida así: un 30% se va en escorrentía, el 39 % en la evapotranspiración del cultivo y un 31% que disponible para recarga. La partición es consistente en toda la zona de estudio y corresponde a un año húmedo.

Las plantas de banano en Urabá tienen sistemas radiculares superficiales, solo utiliza el 10% de la zona de raíces, esta situación disminuye los rendimientos agronómicos, la eficiencia de nutrientes y el uso del agua en el suelo.

La mayor concentración de iones disueltos en solución de suelos se encuentra a profundidades de 20 cm y 40cm, esto permite a las raíces sanas poder tomar

nutrientes; sin embargo, esta actividad radicular es muy pobre y los elementos nutritivos están sujetos a migrar al acuífero, incrementando la carga iónica del agua subterránea.

Las raíces no crecen en profundidad, sin aprovechar el suelo en su totalidad, se deben encontrar estrategias para el desarrollo de raíces y aprovechamientos del agua y nutrientes de todo el perfil. Los bajos rendimientos históricos del cultivo de banano en Urabá, tienen que ver más con problemas de física de suelos, que de química de suelos.

La implementación BPA permiten disminuir los impactos del cultivo de banano y el acuífero. Las BPA mantienen la calidad y la cantidad de la recarga directa del acuífero multicapa de Urabá. En este estudio se identificaron algunas de estas BPA, pero es importante fortalecer la implementación de estas BPA en todas las fincas de banano y en otros cultivos de la región.

Según este estudio, las raíces del banano no usan toda la profundidad potencial del suelo, modificando el agua disponible en la zona de radicular. Igualmente, la evapotranspiración del cultivo es más baja ya que no está utilizando toda el agua disponible. Las BPA asociadas a la mejora de esta profundidad del suelo y formación de raíces se deben implementar para mejorar el uso del agua por parte del cultivo. Las buenas prácticas actuales, y especialmente las asociadas a la fertilización, no están causando migración de iones hacia el acuífero como quedó demostrado en la caracterización de iones en la zona de raíces.

A pesar, de que los productores bananeros de Urabá implementan las BPA, la huella hídrica y la huella de carbono son altas, ya que las eficiencias de los fertilizantes son bajas y el uso del agua del suelo, también lo es.

6. RECOMENDACIONES

De acuerdo con lo encontrado en el estudio, se recomienda fortalecer la red de estaciones de clima y humedad. Esta red permite generar información para el mejoramiento de la producción bananera, el manejo de plagas y enfermedades, la predicción de eventos climáticos, la estimación de la recarga y el manejo eficiente del riego. Esta red también permite utilizar la información y mejorar la gestión del recurso hídrico en la explotación agroindustrial en Urabá.

Aunque las fincas bananeras han implementado BPA es necesario, fortalecer la implementación de buenas prácticas agrícolas en las fincas de banano y otros cultivos agropecuarios de Urabá; las BPA, pueden reducir el impacto en la calidad y cantidad de la recarga de las aguas subterráneas.

Se debe aumentar la eficiencia de los fertilizantes químicos, para aumentar los rendimientos productivos de las fincas y disminuir la huella ambiental del cultivo.

La metodología utilizada en este estudio debería implementarse como herramienta de seguimiento de la de la relación de los cultivos agrícolas con el recurso hídrico subterráneo; este aumento de información mejoraría el manejo de los acuíferos.

7. REFERENCIAS

- AGQ, L. (2020). *Laboratorios AGQ*. Obtenido de <http://www.agq.com.es/>
- Aguilera Manjarrés, E. (2019). *Manual de buenas prácticas para la producción orgánica de frutales (banano, pina, mango, papaya) y fruitivos (café y cacao)*, Buenos Aires: IICA.
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. FAO.
- Anselin, L., Bongiovanni, R., & Lowenberg-D, J. (2005). *A Spatial Econometric Approach to the Economics of Site-Specific Nitrogen Management in Corn Production*. American Journal of Agricultural Economics , pages: 261-261.
- Arana, V. (2015). *Análisis y valoración de los servicios ecosistemas de humedales asociados al río León (Urabá antioqueño-Colombia). Su relación con el sistema hídrico subterráneo y con el bienestar humano (tesis de maestría)*. La Plata, Argentina. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata.
- Aryal, D., Geissen , V., Ponce, A., Ramos, R., & Becker, M. (2012). Water quality under intensive banana production and extensive pasture land in tropical Mexico. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. Obtenido de <https://doi.org/10.1002/jpln.201100117>
- Asociación de Bananeros de Colombia-AUGURA. (2022). *Coyuntura bananera colombiana*.
- Azcan-Bieto, J., & Talón, M. (2013). *Fundamentos de fisiología vegetal Barcelona*: McGraw-Hill, I Editions de la UB.
- Banacol. (2022). *Informe de sostenibilidad 2021*. Obtenido de [www.Banacol.co: https://www.banacol.co/informe-sostenibilidad-2021/](http://www.banacol.co/informe-sostenibilidad-2021/)
- Bellamy, A., Svensson, O., Van Den Brink, P., & Tendergren, M. (2016). What is in a label? Rainforest-Alliance certified banana. *Global Ecology and Conservation*, págs. 39-48.

- Barranquero, R., Saraceno, D., Galecio, M., Cisneros, N., Quiroga, M., Landa, R., Banda, R. (2019). Prácticas agropecuarias y efectos ambientales en el recurso hídrico subterráneo en el partido de Tandil. *Revista estudios ambientales*, 5-32.
- Bastidas, B. (2019). Modelo conceptual de aguas subterráneas en el nivel somero del sistema Hidrogeológico Golfo de Urabá, evaluando su magnitud y variabilidad espacio temporal. (*Tesis de Maestría*). Medellín: Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental,
- Bernal, M; Delgado, L; Osorio, J; Zapata, S; Pérez, J. 2023. Servicios técnicos especializados de salud del suelo – Cenibanano. p. 156-186. In Informe anual Cenibanano 2022.
- Betancur, T., Duque, J., Martínez, C., García, D., Villegas, P., & Paredes, V. (2020). Delimitación de las potenciales zonas de recarga caso de estudio acuífero multicapa del eje bananero de Urabá Antioqueño. *Revista politécnica*, 41.55.
- Betancur, T., Vargas, D., Giraldo, A., Duque, A., Flores, C., Patiño, J., & Ortiz, J. (2017). Aguas subterráneas, humedales y servicios ecosistémicos en Colombia Biota Humboldt. *revistas humboldt*, Vol 18, 1-28.
- Campillo, A. (2019) Análisis para la modelación conceptual y la caracterización del nivel superior de un sistema complejo mediante herramientas hidrodinámicas y geoquímicas. Medellín, Universidad de Antioquia
- Cardona, A., Betancur, T., & Londoño, J. (2016). Aplicación de una ruta metodológica para la identificación de conflictos por el uso del suelo agua subterránea en El Sistema Acuífero del Eje Bananero Urabá, Colombia. Conference: *XIII Congreso Latinoamericano de Hidrogeología* At:, Vol 10. Mérida, Yucatan, México. Obtenido de Mesa de acuíferos Urabá Aguas subterráneas en el Golfo de Urabá: <https://inesaacuiferosuraba.com/wp-content/uploads/2019/07/6-Aguas-subterraneas-en-el-Golfo-de-Uraba.pdf>
- Carr, M. (2009). The water relations and irrigation requirements of banana (*Musa spp.*). *Experimental Agriculture*, Vol 45, 333-371.
- Carrillo, J., Peñuela, L., Álvarez, R., Cardona, A., Ortega, M., Vallejo, J., & Hatch, G. (2016). Conflictos por el agua subterránea. Instituto de Geografía, UNAM.
- Corporación Bananera Nacional. 2011. Manual de buenas practicas en el cultivo de banano. San José de C.R. CORBANA
- CORPOURABA & Universidad de Antioquia. (2014). Actualización del Modelo Hidrogeológico Conceptual del sistema acuífero del Urabá Antioqueño. Medellín.
- CORPOURABA & Universidad de Antioquia. (2016). Plan de manejo ambiental de acuífero sistema hidrogeológico golfo de Urabá. Medellín.

- CORPOURABA & Universidad de Antioquia. (2018). Delimitación de las zonas de recarga del sistema acuífero y fortalecimiento de la mesa de trabajo-MACURA. Medellín: Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá.
- CORPOURABA & Universidad de Antioquia. (2019). Manual de buenas prácticas en actividades del sector agropecuario para prevenir la contaminación de las aguas subterráneas en el golfo de Urabá. Apartadó, Antioquia: *Aguas subterráneas Conocerlas y protegerlas*.
- De Bie, H. (2017). Nutrient losses by leaching and surface runoff in a banana plantation in the Atlantic Zone of Costa Rica. San Jose, Costa Rica: Corbana-WAGENINGEN UNIVERSITY.
- Departamento de bosques naturales S. A. & AGQ Laboratorios S. A. (2009). Estudio Nutricional y evaluación del sistema agua-suelo-planta en plantaciones de cerezo silvestre y nogal híbrido.
- FAO. (2017). [http:// www.fao.org](http://www.fao.org): [http:// www.fao.org/world-banana-forum/es/](http://www.fao.org/world-banana-forum/es/) .
Obtenido de Foro Mundial Bananero: Trabajando juntos por la producción y [comercio](http://www.fao.org): [http:// www.fao.org](http://www.fao.org): [http:// www.fao.org/world-banana-forum/es/](http://www.fao.org/world-banana-forum/es/)
- FAOSTAT.2022. Compare data. Consultado en <https://www.fao.org/faostat/en/#compare>
- Ferreyra, R., & Selles, G. (2013). Manual de riego orientado a las condiciones y cultivos del sur de México, Centroamérica y Colombia. Ciudad de Guatemala: Precisagro.
- Flori, J., & Milanez, G. (2016). Soil chemical attributes and leaf nutrients of “pacovan” banana under two cover crops. *Universidad de Federal Rural do Semi-Árido*, Vol. 29. 290 – 295.
- Fonseca, F. (2014). Eficiencia energética del cultivo de banano. Santa Marta, Colombia.: Seminario de Ciencias Ambientales Sue-Caribe & VII Seminario Internacional de Gestión Ambiental.
- GLOBALG.A.P. (01 de Junio de 2020). <https://www.globalgap.org/>. Obtenido de https://www.globalgap.org/uk_en/for-producers/globalg.a.p./integrated-farm-assurance-ifa/crops/
- Gómez, I. (2006). Manual técnico de fertilización de cultivos. Bogotá D.C.: Produmedios.
- INGEOMINAS. (1995). Evaluación del Agua Subterránea en la región de Urabá, departamento de Antioquia. Bogotá D.C.

- Haider, F., Alam, S., & Farooq, M. (2019). Impacts of cover crops in improving agroecosystem including weed suppression. *Revista de Ciencia de Cultivos y Biotecnología*, 123-135.
- Lelivelt, J. (2018). Agrochemical retention and transport through leaching and surface runoff in a banana plantation. Determination of the factors affecting agrochemical losses in a banana plantation in the northern Caribbean lowlands of Costa Rica, by using potassium. *Wageningen UR*.
- Lima, Feitosa, C., Oliviera, H., & Jardelson, F. (2016). Biomass production and leaf gas exchange of perennial legumes associated with bananas. *AGRICULTURAL RESEARCH*, Vol.11(6). 487-493,. Obtenido de <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.9538>
- López, A., Vargas, R., Vargas, A., & Espinoza, J. (2001). Síntomas de Deficiencias Nutricionales y otros Desordenes Fisiológicos en el Cultivo del Banano. *Musa AAA*. Quito: IPNI.
- Makita, (2016). A Role of Fair-Trade Certification for Environmental Sustainability. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, Vol 29. 185–201.
- Martinez E, (2010). Sondas lisimétricas de succión como herramientas edáficas claves en métodos dinámicos de control y seguimiento del sistema Suelo-Planta- Agua. Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Ciencias. *Tesis doctoral*. Madrid
- Metos Pessl instruments. (2020). *iMEtos*. Obtenido de Pessl: <http://www.metos.at/>
- MOPU. (1987), Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales. Ministerio de Obras Públicas. Madrid.
- Munévar, F., López, A., Rochels, B., & Villamizar, O. (2011). El impacto del manejo agronómico integral en la productividad de la palma de aceite en Palmas Montecarmelo.
- Ossa, J. (2017). Nivel de fondo natural para un sistema acuífero. Caso de estudio: Urabá antioqueño. Trabajo de investigación para optar al título de magister en ingeniería ambiental. Universidad de Antioquia. Medellín.
- Ossa, J., & Betancur, T. (2018), Caracterización hidrogeoquímica e identificación de un sistema de flujos regionales. Caso de estudio del golfo de Urabá. *Revista Facultad de Ingeniería*, No.86, pp. 18, M.
- Paredes, V., Vargas, I., Vargas, M., & Arellano, F. (2010). Hidrogeoquímica en el acuífero del eje costero del golfo de Urabá. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, Vol 9. 51-62.

- Quaresma, M., Oliviera, F., & Natal, D. (2017). Leguminuos cover crops for banana plantations in semi-arid regions. *Universidade Federal Rural do Semi-Árido*, Vol 30. 614–621.
- Rainforest Alliance. (2017). *Norma para Agricultura Sostenible*. D.R. © 2017 Red de Agricultura Sostenible, A.C.
- Razuri Ramírez, L. (1984). Estructura de conservación de suelos y aguas (p. 7 33). Serie Riego y Drenaje, 32 (RD-32). Centro Interamericano de Desarrollo de Agua y Tierras. Mérida. Venezuela,
- Robinson, J., & Galán, V. (2012). *Bananas and plantains*. (Segunda ed., Vol. 19.). España: Mundi prensa.
- Ruiz, D. (2018). Vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos someros con porosidad primaria, departamento del Quindío - Colombia. *Tesis de Maestría*. Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Salazar, C. (2012). Los sistemas de riego en el cultivo de Banano. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Tayleur, Balmfor, Buchanan, Butchart, Walker, Ducharme, . . . Phalan. (2018). Where are commodity crops certified, and what does it mean for conservation and poverty alleviation? *Biological Conservation*, Páginas 1-446.
- Toro, A., Arteaga, R., Vázquez, A., & Ibáñez, A. (2016). Requerimientos de riego y predicción del rendimiento en el cultivo de banano mediante un modelo de simulación en el Urabá antioqueño, Colombia. *SciELO Analytics*(ISSN 0187-8336 • Tecnología y Ciencias del Agua, vol. VII (6), 105-122.
- Twyford, I. T., & Walmsley, D. (1974, 1975, 1976). The mineral composition of the Robusta banana plant plant and soil, 39, 227-243:41.459-470 471 491:15.
- Usda (2009). Soil Water Characteristics Hydraulic Properties Calculator. Consultado en <https://hydrolab.arsusda.gov/soilwater/Index.htm>
- Velez, J., & Justo, C. (2013). *Agricultura de precisión*. Obtenido de Protocolo para la red de ensayos de agricultura de precisión: <http://agriculturadeprecision.org/>
- Villegas, P., Paredes, V., Betancur, T., Taupin, L., & Toro, L. (2018). Groundwater evolution and mean water age inferred from hydrochemical and isotopic tracers in a tropical confined aquifer. *Hidological processes*, 2158-2175.
- Yosioka, I. (2016). Panel mas que una certificación. Obtenido de: https://www.globalgap.org/export/sites/default/content/galleries/Pictures/TOUR2016/TOUR2016_Colombia_Presentations/TOUR2016_Colombia_Isabel-Yoshioka_Certification.pdf
<https://www.researchgate.net/profile/Angel->

Zapata Hernández, A. (2017). *Modelamiento estocástico de la humedad del suelo y el nivel freático en la zona bananera de Urabá*. Universidad Nacional (tesis de maestría).

ANEXOS

ANEXO 1 Análisis de solución de suelo

Tipo de muestra	Finca	Parcela	FECHA	pH	C. E. μS/cm	H ₂ PO ₄ ⁻ meq/L	Cl ⁻ meq/L	SO ₄ ²⁻ meq/L
Sonda 20 cm	Genesis	Lote 31	13/12/2021	6,57	1180,00	0,03	7,70	1,35
Sonda 40 cm	Genesis	Lote 31	13/12/2021	7,45	730,00	0,03	1,72	0,39
Sonda 60 cm	Genesis	Lote 31	13/12/2021	7,05	672,00	0,05	3,36	0,83
Sonda 20 cm	Guatapuri	Lote 3	14/12/2021	6,82	2550	0,03	17,6	0,46
Sonda 40 cm	Guatapuri	Lote 3	14/12/2021	6,95	1015	0,03	5,87	0,5
Sonda 60 cm	Guatapuri	Lote 3	14/12/2021	5,98	597	0,03	3,43	0,28
Sonda 20 cm	Katia	Lote 6	13/12/2021	6,77	1220	0,03	7,41	1,46
Sonda 40 cm	Katia	Lote 6	13/12/2021	6,02	614	0,03	2,64	1,43
Sonda 60 cm	Katia	Lote 6	13/12/2021	7	681	0,05	2,24	1,58
Sonda 20 cm	Montecristo	Lote 13	14/12/2021	6,14	1056	0,03	5,92	0,24
Sonda 40 cm	Montecristo	Lote 13	14/12/2021	5,98	1062	0,03	5,93	0,24
Sonda 60 cm	Montecristo	Lote 13	14/12/2021	6,7	377	0,03	1,76	0,5
Sonda 20 cm	Roble	Lote 1	14/12/2021	6,88	463,00	0,03	1,80	0,48
Sonda 40 cm	Roble	Lote 1	14/12/2021	6,69	457,00	0,03	1,75	0,48
Sonda 60 cm	Roble	Lote 1	14/12/2021	6,58	315,00	0,03	0,87	0,70
Sonda 20 cm	Agromar	Lote 8	17/02/2021	6,24	736	0,03	4,5	0,64
Sonda 40 cm	Agromar	Lote 8	17/02/2021	6,63	522	0,03	0,61	0,68
Sonda 60 cm	Agromar	Lote 8	17/02/2021	6,72	680	0,03	2,52	1,01
Sonda 20 cm	Agromar	Lote 3	17/02/2021	6,34	428	0,03	0,82	1,99
Sonda 40 cm	Agromar	Lote 3	17/02/2021	6,4	544	0,03	1,62	2,25
Sonda 60 cm	Agromar	Lote 3	17/02/2021	6,43	591	0,03	2,53	2,28
Sonda 20 cm	Agromar	Lote 8	12/04/2021	5,62	1038	0,03	7,31	1,49
Sonda 40 cm	Agromar	Lote 8	12/04/2021	5,52	1655	0,03	5,86	5,81
Sonda 60 cm	Agromar	Lote 8	12/04/2021	6,73	917	0,03	5,28	1,24
Sonda 20 cm	Agromar	Lote 3	12/04/2021	6,57	1508	0,03	8,02	4,12
Sonda 40 cm	Agromar	Lote 3	12/04/2021	6,6	1513	0,03	8,12	4,2
Sonda 60 cm	Agromar	Lote 3	12/04/2021	6,56	888	0,03	4,63	2,79
Sonda 20 cm	Agromar	Lote 8	01/07/2021	5,79	399	0,03	1,31	1,88
Sonda 40 cm	Agromar	Lote 8	01/07/2021	6,67	346	0,03	0,91	1,31
Sonda 60 cm	Agromar	Lote 8	01/07/2021	7	362	0,03	0,72	1,08
Sonda 20 cm	Agromar	Lote 3	01/07/2021	6,3	493	0,03	1,24	2,05
Sonda 40 cm	Agromar	Lote 3	01/07/2021	6,4	493	0,03	1,26	2,1
Sonda 60 cm	Agromar	Lote 3	01/07/2021	7,02	520	0,03	1,57	2,28
Sonda 20 cm	Agromar	Lote 8	20/09/2021	6,33	261	0,03	0,49	0,95
Sonda 40 cm	Agromar	Lote 8	20/09/2021	6,62	314	0,03	0,72	0,34
Sonda 60 cm	Agromar	Lote 8	20/09/2021	6,67	295	0,03	0,64	0,28
Sonda 20 cm	Agromar	Lote 3	20/09/2021	6,43	200	0,03	0,42	0,46
Sonda 40 cm	Agromar	Lote 3	20/09/2021	6,41	227	0,03	0,28	0,83
Sonda 60 cm	Agromar	Lote 3	20/09/2021	6,46	209	0,03	0,28	0,51
Sonda 20 cm	Leonor Emilia	Lote 4	13/04/2021	4,87	617,00	0,03	2,03	1,1
Sonda 40 cm	Leonor Emilia	Lote 4	13/04/2021	5,78	1226,00	0,03	5,04	3,66
Sonda 60 cm	Leonor Emilia	Lote 4	13/04/2021	6,28	383,00	0,03	0,9	1,4
Sonda 20 cm	Leonor Emilia	Lote 4	08/07/2021	4,79	675,00	0,01	1,33	215
Sonda 40 cm	Leonor Emilia	Lote 4	08/07/2021	5,88	1927,00	0,01	2,68	4,34
Sonda 60 cm	Leonor Emilia	Lote 4	08/07/2021	6,34	493,00	0,01	0,62	1,29
Sonda 20 cm	Leonor Emilia	Lote 4	30/09/2021	7,31	365,00	0,03	0,76	0,45
Sonda 40 cm	Leonor Emilia	Lote 4	30/09/2021	7,03	519,00	0,03	1,33	0,72
Sonda 60 cm	Leonor Emilia	Lote 4	30/09/2021	7,31	330,00	0,03	0,64	0,68
Sonda 20 cm	Leonor Emilia	Lote 4	12/11/2021	5,81	804,00	0,03	3,97	2,81
Sonda 40 cm	Leonor Emilia	Lote 4	12/11/2021	6,14	612,00	0,03	2,69	0,72
Sonda 60 cm	Leonor Emilia	Lote 4	12/11/2021	6,25	334,00	0,03	0,9	0,39
Sonda 20 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	14/04/2021	6,36	768	0,01	3,17	1,33
Sonda 40 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	14/04/2021	6,21	2899	0,01	13,6	0,77
Sonda 60 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	14/04/2021	6,46	1450	0,01	6,91	1,24
Sonda 20 cm	Nuevo Horizonte	Lote 18	13/07/2021	5,91	403	0,02	1,24	0,54
Sonda 40 cm	Nuevo Horizonte	Lote 18	13/07/2021	6,74	615	0,01	1,69	1,17
Sonda 60 cm	Nuevo Horizonte	Lote 18	13/07/2021	6,88	398	0,01	0,46	0,87
Sonda 20 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	13/07/2021	6,18	3218	0,02	12,8	1,08

Tipo de muestra	Finca	Parcela	FECHA	NO ₃ ⁻ meq/L	NH ₄ ⁺ meq/L	Urea meq/L	Ca ²⁺ meq/L	Mg ²⁺ meq/L	K ⁺ meq/L	Na ⁺ meq/L
Sonda 20 cm	Genesis	Lote 31	13/12/2021	0,33	0,28	0,01	5,56	3,32	0,42	1,18
Sonda 40 cm	Genesis	Lote 31	13/12/2021	0,61	0,30	0,01	4,19	1,66	0,69	0,55
Sonda 60 cm	Genesis	Lote 31	13/12/2021	0,16	0,78	0,01	2,44	1,15	0,43	1,30
Sonda 20 cm	Guatapuri	Lote 3	14/12/2021	5,24	0,5	0,01	13,5	6,12	1,79	1,03
Sonda 40 cm	Guatapuri	Lote 3	14/12/2021	0,51	0,39	0,01	4,54	2,12	1,22	0,74
Sonda 60 cm	Guatapuri	Lote 3	14/12/2021	1,27	0,28	0,01	2,96	1,21	0,27	0,65
Sonda 20 cm	Katia	Lote 6	13/12/2021	0,81	0,28	0,01	5,61	3,33	0,44	1,14
Sonda 40 cm	Katia	Lote 6	13/12/2021	1,07	0,28	0,01	3,05	1,49	0,25	0,58
Sonda 60 cm	Katia	Lote 6	13/12/2021	0,16	0,82	0,01	2,65	1,46	0,65	0,83
Sonda 20 cm	Montecristo	Lote 13	14/12/2021	2,52	0,28	0,01	5,61	2,04	0,76	0,44
Sonda 40 cm	Montecristo	Lote 13	14/12/2021	2,56	0,28	0,01	5,64	2,07	0,78	0,44
Sonda 60 cm	Montecristo	Lote 13	14/12/2021	0,16	0,42	0,01	1,43	0,72	0,2	0,65
Sonda 20 cm	Roble	Lote 1	14/12/2021	0,75	0,34	0,01	1,16	0,92	1,17	0,39
Sonda 40 cm	Roble	Lote 1	14/12/2021	0,73	0,31	0,01	1,13	0,92	1,19	0,39
Sonda 60 cm	Roble	Lote 1	14/12/2021	0,32	0,28	0,01	1,02	0,85	0,31	0,48
Sonda 20 cm	Agromar	Lote 8	17/02/2021	0,99	0,28	0,01	3,21	2,49	0,15	0,45
Sonda 40 cm	Agromar	Lote 8	17/02/2021	2,73	0,28	0,01	2,52	1,93	0,05	0,5
Sonda 60 cm	Agromar	Lote 8	17/02/2021	2,08	0,28	0,01	3,08	2,66	0,05	0,63
Sonda 20 cm	Agromar	Lote 3	17/02/2021	1	0,28	0,01	1,91	1,6	0,07	0,47
Sonda 40 cm	Agromar	Lote 3	17/02/2021	0,84	0,28	0,01	2,46	1,84	0,09	0,63
Sonda 60 cm	Agromar	Lote 3	17/02/2021	0,22	0,28	0,01	2,55	2,51	0,05	0,66
Sonda 20 cm	Agromar	Lote 8	12/04/2021	0,9	0,28	0,01	5,11	3,96	0,15	0,52
Sonda 40 cm	Agromar	Lote 8	12/04/2021	6,24	0,28	0,01	9,07	6,92	0,52	0,86
Sonda 60 cm	Agromar	Lote 8	12/04/2021	1,17	0,28	0,01	4,58	4	0,05	0,75
Sonda 20 cm	Agromar	Lote 3	12/04/2021	2,79	0,28	0,01	7,76	6,41	0,54	0,85
Sonda 40 cm	Agromar	Lote 3	12/04/2021	2,77	0,28	0,01	7,85	6,38	0,54	0,84
Sonda 60 cm	Agromar	Lote 3	12/04/2021	0,64	0,28	0,01	4,49	4,16	0,05	0,7
Sonda 20 cm	Agromar	Lote 8	01/07/2021	0,49	0,28	0,01	2,04	1,52	0,05	0,35
Sonda 40 cm	Agromar	Lote 8	01/07/2021	0,16	0,28	0,01	1,85	1,31	0,05	0,38
Sonda 60 cm	Agromar	Lote 8	01/07/2021	0,16	0,28	0,01	1,76	1,46	0,05	0,54
Sonda 20 cm	Agromar	Lote 3	01/07/2021	0,82	0,28	0,01	2,59	1,94	0,13	0,36
Sonda 40 cm	Agromar	Lote 3	01/07/2021	0,83	0,28	0,01	2,58	1,93	0,13	0,35
Sonda 60 cm	Agromar	Lote 3	01/07/2021	0,68	0,28	0,01	3,32	2,63	0,05	0,47
Sonda 20 cm	Agromar	Lote 8	20/09/2021	0,17	0,28	0,01	0,85	0,79	0,05	0,66
Sonda 40 cm	Agromar	Lote 8	20/09/2021	0,16	0,28	0,01	1,2	1,07	0,05	1,02
Sonda 60 cm	Agromar	Lote 8	20/09/2021	0,16	0,28	0,01	1,24	1,08	0,05	0,72
Sonda 20 cm	Agromar	Lote 3	20/09/2021	0,19	0,28	0,01	0,78	0,66	0,07	0,42
Sonda 40 cm	Agromar	Lote 3	20/09/2021	0,17	0,28	0,01	1,02	0,66	0,07	0,28
Sonda 60 cm	Agromar	Lote 3	20/09/2021	0,16	0,28	0,01	0,95	0,82	0,09	0,25
Sonda 20 cm	Leonor Emilia	Lote 4	13/04/2021	2,23	0,28	0,01	3,11	1,59	0,52	0,3
Sonda 40 cm	Leonor Emilia	Lote 4	13/04/2021	3,85	0,28	0,01	8,24	3,11	0,16	0,67
Sonda 60 cm	Leonor Emilia	Lote 4	13/04/2021	0,79	0,28	0,01	2,33	0,77	0,09	0,36
Sonda 20 cm	Leonor Emilia	Lote 4	08/07/2021	2,84	0,28	0,01	3,75	1,83	0,49	0,22
Sonda 40 cm	Leonor Emilia	Lote 4	08/07/2021	15,3	0,28	0,01	13,7	5,1	0,4	0,78
Sonda 60 cm	Leonor Emilia	Lote 4	08/07/2021	2,29	0,28	0,01	3,49	1,02	0,06	0,36
Sonda 20 cm	Leonor Emilia	Lote 4	30/09/2021	1,49	0,28	0,01	1,44	0,75	0,69	0,11
Sonda 40 cm	Leonor Emilia	Lote 4	30/09/2021	2,3	0,28	0,01	2,52	1,52	0,26	0,21
Sonda 60 cm	Leonor Emilia	Lote 4	30/09/2021	1,18	0,28	0,01	1,7	0,73	0,27	0,15
Sonda 20 cm	Leonor Emilia	Lote 4	12/11/2021	1,57	0,28	0,01	5,52	1,92	0,7	0,21
Sonda 40 cm	Leonor Emilia	Lote 4	12/11/2021	2,26	0,28	0,01	3,97	1,42	0,36	0,19
Sonda 60 cm	Leonor Emilia	Lote 4	12/11/2021	1,5	0,28	0,01	2,05	0,74	0,16	0,16
Sonda 20 cm	Nuevo Horizont	Lote 29	14/04/2021	1,77	0,28	0,01	4,21	2,16	0,5	0,27
Sonda 40 cm	Nuevo Horizont	Lote 29	14/04/2021	13,4	0,28	9,61	19,3	6,96	0,22	0,93
Sonda 60 cm	Nuevo Horizont	Lote 29	14/04/2021	4,55	0,28	0,01	9,12	3,57	0,23	0,73
Sonda 20 cm	Nuevo Horizont	Lote 18	13/07/2021	1,55	0,28	0,01	2,18	1,03	0,11	0,25
Sonda 40 cm	Nuevo Horizont	Lote 18	13/07/2021	1,71	0,28	0,01	3,76	2,01	0,18	0,31
Sonda 60 cm	Nuevo Horizont	Lote 18	13/07/2021	0,24	0,28	0,01	2,54	1,22	0,09	0,29
Sonda 20 cm	Nuevo Horizont	Lote 29	13/07/2021	17,8	0,28	0,01	24,3	8,26	0,1	0,92

Tipo de muestra	Finca	Parcela	FECHA	pH	C. E. μS/cm	H ₂ PO ₄ ⁻ meq/L	Cl ⁻ meq/L	SO ₄ ²⁻ meq/L
Sonda 40 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	13/07/2021	6,28	3222	0,02	12,9	1,08
Sonda 60 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	13/07/2021	6,41	1588	0,01	4,43	1,77
Sonda 20 cm	Nuevo Horizonte	Lote 18	30/09/2021	6,17	199	0,03	1,06	0,46
Sonda 40 cm	Nuevo Horizonte	Lote 18	30/09/2021	7	350	0,03	0,92	0,85
Sonda 60 cm	Nuevo Horizonte	Lote 18	30/09/2021	7	384	0,03	0,91	0,93
Sonda 20 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	30/09/2021	6,51	4278	0,04	18	4,06
Sonda 40 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	30/09/2021	6,5	4319	0,08	13,2	5,31
Sonda 60 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	30/09/2021	6,88	584	0,03	1,71	1,22
Sonda 20 cm	Nuevo Horizonte	Lote 18	17/11/2021	6,03	94,3	0,03	0,28	0,44
Sonda 40 cm	Nuevo Horizonte	Lote 18	17/11/2021	6,78	663	0,03	1,36	2,1
Sonda 60 cm	Nuevo Horizonte	Lote 18	17/11/2021	6,8	829	0,03	1,69	3,14
Sonda 20 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	17/11/2021	6,23	1647	0,03	6,35	1,17
Sonda 40 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	17/11/2021	6,84	701	0,03	1,97	1,78
Sonda 60 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	17/11/2021	6,65	443	0,03	1,53	0,51
Sonda 20 cm	Pangordito	Lote 2	14/04/2021	6,28	1807	0,01	7,17	7,36
Sonda 40 cm	Pangordito	Lote 2	14/04/2021	7,29	1413	0,01	6,88	1,02
Sonda 60 cm	Pangordito	Lote 2	14/04/2021	6,13	826	0,01	4,46	0,99
Sonda 20 cm	Pangordito	Lote 4	14/04/2021	5,27	308	0,01	0,28	2,33
Sonda 40 cm	Pangordito	Lote 4	14/04/2021	5,52	252	0,01	0,63	0,46
Sonda 60 cm	Pangordito	Lote 4	14/04/2021	5,65	271	0,01	0,77	0,32
Sonda 20 cm	Pangordito	Lote 4	28/07/2021	5,4	748	0,01	3,32	1,26
Sonda 40 cm	Pangordito	Lote 4	28/07/2021	5,3	646	0,01	2,12	0,29
Sonda 60 cm	Pangordito	Lote 4	28/07/2021	5,6	427	0,01	1,19	0,26
Sonda 20 cm	Pangordito	Lote 20	28/07/2021	6,31	266	0,01	0,38	0,82
Sonda 40 cm	Pangordito	Lote 20	28/07/2021	6,82	337	0,01	0,28	1,33
Sonda 60 cm	Pangordito	Lote 20	28/07/2021	7,17	576	0,01	0,28	0,96
Sonda 20 cm	Pangordito	Lote 20	29/09/2021	5,91	1608	0,03	6,75	1,22
Sonda 40 cm	Pangordito	Lote 20	29/09/2021	6,67	434	0,03	1,35	1,54
Sonda 60 cm	Pangordito	Lote 20	29/09/2021	7,09	626	0,03	1,58	1,05
Sonda 20 cm	Pangordito	Lote 4	29/09/2021	6,1	108	0,03	0,41	0,67
Sonda 40 cm	Pangordito	Lote 4	29/09/2021	5,84	195	0,03	1,07	0,41
Sonda 60 cm	Pangordito	Lote 4	29/09/2021	5,9	260	0,03	0,96	0,36
Sonda 20 cm	Pangordito	Lote 4	12/11/2021	6,15	168	0,03	0,89	0,37
Sonda 40 cm	Pangordito	Lote 4	12/11/2021	6,58	329	0,03	1,8	0,76
Sonda 60 cm	Pangordito	Lote 4	12/11/2021	7,54	363	0,03	4,69	1,2
Sonda 20 cm	Pangordito	Lote 20	12/11/2021	7,44	764	0,03	3,69	0,99
Sonda 40 cm	Pangordito	Lote 20	12/11/2021	7,42	738	0,03	3,54	1,09
Sonda 60 cm	Pangordito	Lote 20	12/11/2021	7,17	348	0,03	1,32	1,2
Sonda 20 cm	Yerbazal	Lote 5	29/03/2021	6,21	1880	0,01	3,83	9,84
Sonda 40 cm	Yerbazal	Lote 5	29/03/2021	6,82	1648	0,01	4,43	5,73
Sonda 60 cm	Yerbazal	Lote 5	29/03/2021	6,23	1242	0,01	3,47	4,36
Sonda 20 cm	Yerbazal	Lote 26	29/03/2021	6,14	714	0,01	2,59	2,44
Sonda 40 cm	Yerbazal	Lote 26	29/03/2021	6,29	759	0,01	1,71	5,99
Sonda 60 cm	Yerbazal	Lote 26	29/03/2021	6,28	314	0,01	0,97	0,98
Sonda 20 cm	Yerbazal	Lote 26	18/06/2021	6,63	184	0,01	0,29	0,31
Sonda 40 cm	Yerbazal	Lote 26	18/06/2021	6,49	356	0,01	0,28	2,07
Sonda 60 cm	Yerbazal	Lote 26	18/06/2021	6,51	400	0,01	0,28	2,73
Sonda 20 cm	Yerbazal	Lote 5	18/06/2021	7,14	487	0,01	0,42	2,89
Sonda 40 cm	Yerbazal	Lote 5	18/06/2021	6,91	588	0,01	1,4	0,97
Sonda 60 cm	Yerbazal	Lote 5	18/06/2021	6,36	365	0,01	0,4	2,2
Sonda 20 cm	Yerbazal	Lote 26	14/09/2021	6,37	176	0,01	0,28	0,27
Sonda 40 cm	Yerbazal	Lote 26	14/09/2021	6,29	209	0,01	0,28	0,91
Sonda 60 cm	Yerbazal	Lote 26	14/09/2021	6,27	495	0,01	0,79	3,59
Sonda 20 cm	Yerbazal	Lote 5	14/09/2021	6,41	411	0,01	0,28	1,8
Sonda 40 cm	Yerbazal	Lote 5	14/09/2021	6,89	591	0,01	0,62	0,85
Sonda 60 cm	Yerbazal	Lote 5	14/09/2021	5,96	604	0,01	1,63	1,86
Sonda 20 cm	Yerbazal	Lote 26	18/11/2021	6,4	3574	0,01	26,8	10,6
Sonda 40 cm	Yerbazal	Lote 26	18/11/2021	4,99	808	0,01	4,61	1,3
Sonda 60 cm	Yerbazal	Lote 26	18/11/2021	6,39	282	0,01	0,28	1,44

Tipo de muestra	Finca	Parcela	FECHA	NO ₃ ⁻ meq/L	NH ₄ ⁺ meq/L	Urea meq/L	Ca ²⁺ meq/L	Mg ²⁺ meq/L	K ⁺ meq/L	Na ⁺ meq/L
Sonda 40 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	13/07/2021	18,8	0,28	0,01	24,5	8,21	0,1	0,89
Sonda 60 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	13/07/2021	8,39	0,28	0,01	11,2	4,2	0,29	0,75
Sonda 20 cm	Nuevo Horizonte	Lote 18	30/09/2021	0,31	0,28	0,01	1,13	0,47	0,05	0,11
Sonda 40 cm	Nuevo Horizonte	Lote 18	30/09/2021	0,16	0,28	0,01	2,41	1,23	0,05	0,11
Sonda 60 cm	Nuevo Horizonte	Lote 18	30/09/2021	0,16	0,28	0,01	2,43	1,04	0,05	0,15
Sonda 20 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	30/09/2021	15,9	0,28	0,01	31,7	10,9	0,1	1,24
Sonda 40 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	30/09/2021	16,5	0,28	0,01	30,8	10,4	0,24	1,3
Sonda 60 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	30/09/2021	1,09	0,28	0,01	3,7	1,36	0,07	0,33
Sonda 20 cm	Nuevo Horizonte	Lote 18	17/11/2021	0,18	0,28	0,01	0,47	0,31	0,05	0,11
Sonda 40 cm	Nuevo Horizonte	Lote 18	17/11/2021	0,66	0,28	0,01	3,58	1,5	0,05	0,37
Sonda 60 cm	Nuevo Horizonte	Lote 18	17/11/2021	0,84	0,28	0,01	4,82	1,74	0,05	0,52
Sonda 20 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	17/11/2021	7,02	0,28	0,01	8,7	4,14	0,12	0,45
Sonda 40 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	17/11/2021	0,4	0,28	0,01	4,02	1,54	0,05	0,43
Sonda 60 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	17/11/2021	0,72	0,28	0,01	2,39	0,98	0,19	0,2
Sonda 20 cm	Pangordito	Lote 2	14/04/2021	4,08	0,28	0,01	10,1	5,21	2,68	0,52
Sonda 40 cm	Pangordito	Lote 2	14/04/2021	4,17	0,28	0,01	8,03	3,87	1,03	0,4
Sonda 60 cm	Pangordito	Lote 2	14/04/2021	1,57	0,28	0,01	3,76	2,72	0,65	0,35
Sonda 20 cm	Pangordito	Lote 4	14/04/2021	0,26	0,28	0,01	1,55	1,05	0,11	0,18
Sonda 40 cm	Pangordito	Lote 4	14/04/2021	0,75	0,28	0,01	1,02	0,63	0,24	0,17
Sonda 60 cm	Pangordito	Lote 4	14/04/2021	0,9	0,28	0,01	1,16	0,73	0,21	0,18
Sonda 20 cm	Pangordito	Lote 4	28/07/2021	2,12	0,28	0,01	4,33	2,69	0,09	0,34
Sonda 40 cm	Pangordito	Lote 4	28/07/2021	3,1	0,28	0,01	3,43	2,01	0,36	0,28
Sonda 60 cm	Pangordito	Lote 4	28/07/2021	1,88	0,28	0,01	2,23	1,35	0,28	0,23
Sonda 20 cm	Pangordito	Lote 20	28/07/2021	0,73	0,28	0,01	1,35	1,01	0,11	0,16
Sonda 40 cm	Pangordito	Lote 20	28/07/2021	0,16	0,28	0,01	2,02	1,33	0,05	0,33
Sonda 60 cm	Pangordito	Lote 20	28/07/2021	0,22	0,28	0,01	4,36	2,41	0,11	0,27
Sonda 20 cm	Pangordito	Lote 20	29/09/2021	6,71	0,28	0,01	8,55	5,82	0,18	0,31
Sonda 40 cm	Pangordito	Lote 20	29/09/2021	0,46	0,28	0,01	2,34	1,53	0,05	0,21
Sonda 60 cm	Pangordito	Lote 20	29/09/2021	0,16	0,28	0,01	4,01	2,18	0,06	0,2
Sonda 20 cm	Pangordito	Lote 4	29/09/2021	0,16	0,28	0,01	0,78	0,31	0,15	0,11
Sonda 40 cm	Pangordito	Lote 4	29/09/2021	0,22	0,28	0,01	1,28	0,46	0,19	0,11
Sonda 60 cm	Pangordito	Lote 4	29/09/2021	1,02	0,28	0,01	1,41	0,66	0,22	0,11
Sonda 20 cm	Pangordito	Lote 4	12/11/2021	0,27	0,28	0,01	0,78	0,44	0,05	0,17
Sonda 40 cm	Pangordito	Lote 4	12/11/2021	0,67	0,28	0,01	1,69	1,15	0,05	0,22
Sonda 60 cm	Pangordito	Lote 4	12/11/2021	0,44	0,28	0,01	1,84	1,4	0,05	0,26
Sonda 20 cm	Pangordito	Lote 20	12/11/2021	2,65	0,28	0,01	4,47	2,9	0,06	0,32
Sonda 40 cm	Pangordito	Lote 20	12/11/2021	2,34	0,28	0,01	4,22	2,81	0,05	0,33
Sonda 60 cm	Pangordito	Lote 20	12/11/2021	0,37	0,28	0,01	1,75	1,35	0,05	0,25
Sonda 20 cm	Yerbazal	Lote 5	29/03/2021	7,08	0,28	0,01	13,4	4,42	1,64	1,36
Sonda 40 cm	Yerbazal	Lote 5	29/03/2021	4,32	0,28	0,01	6,14	2,33	6,07	1,25
Sonda 60 cm	Yerbazal	Lote 5	29/03/2021	4,06	0,28	0,01	6,57	2,61	2,39	0,82
Sonda 20 cm	Yerbazal	Lote 26	29/03/2021	1,5	0,28	0,01	4,16	1,86	0,32	0,72
Sonda 40 cm	Yerbazal	Lote 26	29/03/2021	0,58	0,28	0,01	4,87	2,72	0,1	0,67
Sonda 60 cm	Yerbazal	Lote 26	29/03/2021	0,37	0,28	0,01	1,48	0,93	0,09	0,6
Sonda 20 cm	Yerbazal	Lote 26	18/06/2021	0,28	0,28	0,01	0,95	0,44	0,06	0,27
Sonda 40 cm	Yerbazal	Lote 26	18/06/2021	0,46	0,28	0,01	2,11	1,2	0,05	0,33
Sonda 60 cm	Yerbazal	Lote 26	18/06/2021	0,27	0,28	0,01	2,42	1,4	0,06	0,27
Sonda 20 cm	Yerbazal	Lote 5	18/06/2021	0,85	0,28	0,01	3,09	1,11	0,26	0,39
Sonda 40 cm	Yerbazal	Lote 5	18/06/2021	0,57	0,28	0,01	1,75	0,58	2,64	0,37
Sonda 60 cm	Yerbazal	Lote 5	18/06/2021	1,23	0,28	0,01	2,28	1,07	0,45	0,36
Sonda 20 cm	Yerbazal	Lote 26	14/09/2021	0,26	0,28	0,01	0,8	0,36	0,05	0,16
Sonda 40 cm	Yerbazal	Lote 26	14/09/2021	0,16	0,28	0,01	1,15	0,66	0,05	0,26
Sonda 60 cm	Yerbazal	Lote 26	14/09/2021	0,28	0,28	0,01	3,21	1,87	0,05	0,31
Sonda 20 cm	Yerbazal	Lote 5	14/09/2021	0,3	0,28	6,12	1,43	0,58	1,56	0,27
Sonda 40 cm	Yerbazal	Lote 5	14/09/2021	0,73	0,28	0,01	1,96	0,62	2,71	0,38
Sonda 60 cm	Yerbazal	Lote 5	14/09/2021	1,29	0,28	0,01	2,62	1,05	1,5	0,34
Sonda 20 cm	Yerbazal	Lote 26	18/11/2021	3,46	2,93	47,4	16,7	12	7,31	1
Sonda 40 cm	Yerbazal	Lote 26	18/11/2021	1,39	0,28	11,3	4,34	2,45	0,96	0,42
Sonda 60 cm	Yerbazal	Lote 26	18/11/2021	0,16	0,28	0,01	1,48	0,87	0,37	0,34

Tipo de muestra	Finca	Parcela	FECHA	NO ₃ ⁻ meq/L	NH ₄ ⁺ meq/L	Urea meq/L	Ca ²⁺ meq/L	Mg ²⁺ meq/L	K ⁺ meq/L	Na ⁺ meq/L
Sonda 40 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	13/07/2021	18,8	0,28	0,01	24,5	8,21	0,1	0,89
Sonda 60 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	13/07/2021	8,39	0,28	0,01	11,2	4,2	0,29	0,75
Sonda 20 cm	Nuevo Horizonte	Lote 18	30/09/2021	0,31	0,28	0,01	1,13	0,47	0,05	0,11
Sonda 40 cm	Nuevo Horizonte	Lote 18	30/09/2021	0,16	0,28	0,01	2,41	1,23	0,05	0,11
Sonda 60 cm	Nuevo Horizonte	Lote 18	30/09/2021	0,16	0,28	0,01	2,43	1,04	0,05	0,15
Sonda 20 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	30/09/2021	15,9	0,28	0,01	31,7	10,9	0,1	1,24
Sonda 40 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	30/09/2021	16,5	0,28	0,01	30,8	10,4	0,24	1,3
Sonda 60 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	30/09/2021	1,09	0,28	0,01	3,7	1,36	0,07	0,33
Sonda 20 cm	Nuevo Horizonte	Lote 18	17/11/2021	0,18	0,28	0,01	0,47	0,31	0,05	0,11
Sonda 40 cm	Nuevo Horizonte	Lote 18	17/11/2021	0,66	0,28	0,01	3,58	1,5	0,05	0,37
Sonda 60 cm	Nuevo Horizonte	Lote 18	17/11/2021	0,84	0,28	0,01	4,82	1,74	0,05	0,52
Sonda 20 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	17/11/2021	7,02	0,28	0,01	8,7	4,14	0,12	0,45
Sonda 40 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	17/11/2021	0,4	0,28	0,01	4,02	1,54	0,05	0,43
Sonda 60 cm	Nuevo Horizonte	Lote 29	17/11/2021	0,72	0,28	0,01	2,39	0,98	0,19	0,2
Sonda 20 cm	Pangordito	Lote 2	14/04/2021	4,08	0,28	0,01	10,1	5,21	2,68	0,52
Sonda 40 cm	Pangordito	Lote 2	14/04/2021	4,17	0,28	0,01	8,03	3,87	1,03	0,4
Sonda 60 cm	Pangordito	Lote 2	14/04/2021	1,57	0,28	0,01	3,76	2,72	0,65	0,35
Sonda 20 cm	Pangordito	Lote 4	14/04/2021	0,26	0,28	0,01	1,55	1,05	0,11	0,18
Sonda 40 cm	Pangordito	Lote 4	14/04/2021	0,75	0,28	0,01	1,02	0,63	0,24	0,17
Sonda 60 cm	Pangordito	Lote 4	14/04/2021	0,9	0,28	0,01	1,16	0,73	0,21	0,18
Sonda 20 cm	Pangordito	Lote 4	28/07/2021	2,12	0,28	0,01	4,33	2,69	0,09	0,34
Sonda 40 cm	Pangordito	Lote 4	28/07/2021	3,1	0,28	0,01	3,43	2,01	0,36	0,28
Sonda 60 cm	Pangordito	Lote 4	28/07/2021	1,88	0,28	0,01	2,23	1,35	0,28	0,23
Sonda 20 cm	Pangordito	Lote 20	28/07/2021	0,73	0,28	0,01	1,35	1,01	0,11	0,16
Sonda 40 cm	Pangordito	Lote 20	28/07/2021	0,16	0,28	0,01	2,02	1,33	0,05	0,33
Sonda 60 cm	Pangordito	Lote 20	28/07/2021	0,22	0,28	0,01	4,36	2,41	0,11	0,27
Sonda 20 cm	Pangordito	Lote 20	29/09/2021	6,71	0,28	0,01	8,55	5,82	0,18	0,31
Sonda 40 cm	Pangordito	Lote 20	29/09/2021	0,46	0,28	0,01	2,34	1,53	0,05	0,21
Sonda 60 cm	Pangordito	Lote 20	29/09/2021	0,16	0,28	0,01	4,01	2,18	0,06	0,2
Sonda 20 cm	Pangordito	Lote 4	29/09/2021	0,16	0,28	0,01	0,78	0,31	0,15	0,11
Sonda 40 cm	Pangordito	Lote 4	29/09/2021	0,22	0,28	0,01	1,28	0,46	0,19	0,11
Sonda 60 cm	Pangordito	Lote 4	29/09/2021	1,02	0,28	0,01	1,41	0,66	0,22	0,11
Sonda 20 cm	Pangordito	Lote 4	12/11/2021	0,27	0,28	0,01	0,78	0,44	0,05	0,17
Sonda 40 cm	Pangordito	Lote 4	12/11/2021	0,67	0,28	0,01	1,69	1,15	0,05	0,22
Sonda 60 cm	Pangordito	Lote 4	12/11/2021	0,44	0,28	0,01	1,84	1,4	0,05	0,26
Sonda 20 cm	Pangordito	Lote 20	12/11/2021	2,65	0,28	0,01	4,47	2,9	0,06	0,32
Sonda 40 cm	Pangordito	Lote 20	12/11/2021	2,34	0,28	0,01	4,22	2,81	0,05	0,33
Sonda 60 cm	Pangordito	Lote 20	12/11/2021	0,37	0,28	0,01	1,75	1,35	0,05	0,25
Sonda 20 cm	Yerbazal	Lote 5	29/03/2021	7,08	0,28	0,01	13,4	4,42	1,64	1,36
Sonda 40 cm	Yerbazal	Lote 5	29/03/2021	4,32	0,28	0,01	6,14	2,33	6,07	1,25
Sonda 60 cm	Yerbazal	Lote 5	29/03/2021	4,06	0,28	0,01	6,57	2,61	2,39	0,82
Sonda 20 cm	Yerbazal	Lote 26	29/03/2021	1,5	0,28	0,01	4,16	1,86	0,32	0,72
Sonda 40 cm	Yerbazal	Lote 26	29/03/2021	0,58	0,28	0,01	4,87	2,72	0,1	0,67
Sonda 60 cm	Yerbazal	Lote 26	29/03/2021	0,37	0,28	0,01	1,48	0,93	0,09	0,6
Sonda 20 cm	Yerbazal	Lote 26	18/06/2021	0,28	0,28	0,01	0,95	0,44	0,06	0,27
Sonda 40 cm	Yerbazal	Lote 26	18/06/2021	0,46	0,28	0,01	2,11	1,2	0,05	0,33
Sonda 60 cm	Yerbazal	Lote 26	18/06/2021	0,27	0,28	0,01	2,42	1,4	0,06	0,27
Sonda 20 cm	Yerbazal	Lote 5	18/06/2021	0,85	0,28	0,01	3,09	1,11	0,26	0,39
Sonda 40 cm	Yerbazal	Lote 5	18/06/2021	0,57	0,28	0,01	1,75	0,58	2,64	0,37
Sonda 60 cm	Yerbazal	Lote 5	18/06/2021	1,23	0,28	0,01	2,28	1,07	0,45	0,36
Sonda 20 cm	Yerbazal	Lote 26	14/09/2021	0,26	0,28	0,01	0,8	0,36	0,05	0,16
Sonda 40 cm	Yerbazal	Lote 26	14/09/2021	0,16	0,28	0,01	1,15	0,66	0,05	0,26
Sonda 60 cm	Yerbazal	Lote 26	14/09/2021	0,28	0,28	0,01	3,21	1,87	0,05	0,31
Sonda 20 cm	Yerbazal	Lote 5	14/09/2021	0,3	0,28	6,12	1,43	0,58	1,56	0,27
Sonda 40 cm	Yerbazal	Lote 5	14/09/2021	0,73	0,28	0,01	1,96	0,62	2,71	0,38
Sonda 60 cm	Yerbazal	Lote 5	14/09/2021	1,29	0,28	0,01	2,62	1,05	1,5	0,34
Sonda 20 cm	Yerbazal	Lote 26	18/11/2021	3,46	2,93	47,4	16,7	12	7,31	1
Sonda 40 cm	Yerbazal	Lote 26	18/11/2021	1,39	0,28	11,3	4,34	2,45	0,96	0,42
Sonda 60 cm	Yerbazal	Lote 26	18/11/2021	0,16	0,28	0,01	1,48	0,87	0,37	0,34

Tipo de muestra	Finca	Parcela	FECHA	NO ₃ ⁻ meq/L	NH ₄ ⁺ meq/L	Urea meq/L	Ca ²⁺ meq/L	Mg ²⁺ meq/L	K ⁺ meq/L	Na ⁺ meq/L
Sonda 20 cm	Yerbazal	Lote 5	18/11/2021	8,34	0,28	0,01	14,2	5,16	1,46	0,76
Sonda 40 cm	Yerbazal	Lote 5	18/11/2021	8,44	0,28	0,01	14,3	5,22	1,47	0,74
Sonda 60 cm	Yerbazal	Lote 5	18/11/2021	6,31	0,28	0,01	8,74	3,49	1,14	0,49
Sonda 20 cm	Chelas	Lote 13	29/03/2021	10,3	0,61	0,01	6,32	2,9	1,88	0,38
Sonda 40 cm	Chelas	Lote 13	29/03/2021	5,61	0,28	0,01	3,63	1,76	0,73	0,42
Sonda 60 cm	Chelas	Lote 13	29/03/2021	0,45	0,28	0,01	0,95	0,47	0,15	0,26
Sonda 20 cm	Chelas	Lote 13	24/06/2021	2,36	0,28	0,01	2,64	1,21	0,64	0,22
Sonda 40 cm	Chelas	Lote 13	24/06/2021	0,71	0,28	0,01	2,46	1,17	0,47	0,32
Sonda 60 cm	Chelas	Lote 13	24/06/2021	0,16	0,28	0,01	1,38	0,59	0,05	0,32
Sonda 20 cm	Chelas	Lote 13	16/09/2021	0,16	0,28	0,01	0,67	0,33	0,13	0,18
Sonda 40 cm	Chelas	Lote 13	16/09/2021	0,16	0,28	0,01	1,11	0,53	0,06	0,31
Sonda 60 cm	Chelas	Lote 13	16/09/2021	0,16	0,28	0,01	2,03	0,92	0,06	0,48
Sonda 20 cm	Chelas	Lote 13	11/11/2021	1,09	0,28	0,01	14,9	7,16	1,79	1,01
Sonda 40 cm	Chelas	Lote 13	11/11/2021	0,65	0,28	0,01	2,16	1,05	0,28	0,28
Sonda 60 cm	Chelas	Lote 13	11/11/2021	0,72	0,28	0,01	1,15	0,57	0,06	0,22
Sonda 20 cm	Makazena	Lote 4	30/03/2021	4,98	0,28	0,01	3,44	1,89	0,29	0,64
Sonda 40 cm	Makazena	Lote 4	30/03/2021	2,21	0,28	0,01	1,75	0,85	0,18	0,66
Sonda 60 cm	Makazena	Lote 4	30/03/2021	0,37	0,28	0,01	1,03	0,47	0,09	0,44
Sonda 20 cm	Makazena	Lote 4	09/07/2021	0,37	0,28	0,01	0,69	0,36	0,07	0,28
Sonda 40 cm	Makazena	Lote 4	09/07/2021	0,3	0,28	0,01	0,66	0,31	0,05	0,31
Sonda 60 cm	Makazena	Lote 4	09/07/2021	0,16	0,28	0,01	0,76	0,31	0,05	0,3
Sonda 20 cm	Makazena	Lote 4	30/09/2021	0,16	0,28	0,01	0,25	0,31	0,07	0,11
Sonda 40 cm	Makazena	Lote 4	30/09/2021	0,16	0,28	0,01	0,55	0,31	0,1	0,41
Sonda 60 cm	Makazena	Lote 4	30/09/2021	0,16	0,28	0,01	0,59	0,31	0,05	0,24
Sonda 20 cm	Makazena	Lote 4	17/11/2021	0,31	0,28	0,01	4,67	2,17	0,33	0,52
Sonda 40 cm	Makazena	Lote 4	17/11/2021	0,16	0,28	0,01	0,72	0,36	0,05	0,45
Sonda 60 cm	Makazena	Lote 4	17/11/2021	0,22	0,28	0,01	0,7	0,32	0,05	0,44
Sonda 20 cm	San Rafael	Lote 6	29/03/2021	5,25	0,28	0,01	5,41	2,75	1,79	0,93
Sonda 40 cm	San Rafael	Lote 6	29/03/2021	6,36	0,37	28,2	4,3	3,5	1,07	0,52
Sonda 60 cm	San Rafael	Lote 6	29/03/2021	5,59	0,28	0,01	5,2	3,64	0,94	0,57
Sonda 20 cm	San Rafael	Lote 6	24/06/2021	7,39	0,28	0,01	8,89	4,16	1,15	0,34
Sonda 40 cm	San Rafael	Lote 6	24/06/2021	4,22	0,28	0,01	6,72	3,59	0,27	0,29
Sonda 60 cm	San Rafael	Lote 6	24/06/2021	0,29	0,28	0,01	2,64	1,5	0,05	0,31
Sonda 20 cm	San Rafael	Lote 6	14/09/2021	0,42	0,28	0,01	0,94	0,52	0,4	0,36
Sonda 40 cm	San Rafael	Lote 6	14/09/2021	0,26	0,28	0,01	0,77	0,63	0,1	0,28
Sonda 60 cm	San Rafael	Lote 6	14/09/2021	0,2	0,28	0,01	0,98	0,65	0,28	0,26
Sonda 20 cm	San Rafael	Lote 6	11/11/2021	0,67	0,28	0,01	1,36	0,72	0,64	0,19
Sonda 40 cm	San Rafael	Lote 6	11/11/2021	0,19	0,28	0,01	1,2	0,73	0,16	0,14
Sonda 60 cm	San Rafael	Lote 6	11/11/2021	0,28	0,28	0,01	1,42	0,84	0,05	0,27
Sonda 20 cm	Cedros	Lote 29	15/04/2021	13,4	0,86	13,5	17,5	8,34	2,67	1,66
Sonda 40 cm	Cedros	Lote 29	15/04/2021	13,3	0,28	0,01	19,9	9,86	1,24	2,13
Sonda 60 cm	Cedros	Lote 29	15/04/2021	7,05	0,98	8,14	11,5	6,22	1,82	1,9
Sonda 20 cm	Cedros	Lote 29	11/06/2021	6,99	0,28	0,01	10,6	5,11	1,99	0,77
Sonda 40 cm	Cedros	Lote 29	11/06/2021	2,93	0,28	0,01	9,5	4,67	0,17	1,33
Sonda 60 cm	Cedros	Lote 29	11/06/2021	1,26	0,28	0,01	4,56	2,37	0,23	1,19
Sonda 20 cm	Cedros	Lote 29	15/09/2021	0,27	0,28	0,01	1,79	0,85	0,25	0,29
Sonda 40 cm	Cedros	Lote 29	15/09/2021	2,65	0,28	0,01	6,5	3,12	0,16	0,9
Sonda 60 cm	Cedros	Lote 29	15/09/2021	0,39	0,28	0,01	3,37	1,8	0,23	1,1
Sonda 20 cm	Laureles	Lote 4	14/04/2021	1	0,28	0,01	2,56	1,51	0,2	0,32
Sonda 40 cm	Laureles	Lote 4	14/04/2021	13,6	0,28	17,2	18,9	6,79	0,23	0,93
Sonda 60 cm	Laureles	Lote 4	14/04/2021	0,82	0,28	0,01	2,16	1,6	0,1	0,28
Sonda 20 cm	Laureles	Lote 4	11/06/2021	7,81	0,28	0,01	11,2	8,34	0,85	0,51
Sonda 40 cm	Laureles	Lote 4	11/06/2021	3,93	0,28	0,01	7,01	5,07	0,29	0,36
Sonda 60 cm	Laureles	Lote 4	11/06/2021	0,45	0,28	0,01	3,41	2,59	0,06	0,29
Sonda 20 cm	Laureles	Lote 4	15/09/2021	0,16	0,28	0,01	5,19	3,93	0,27	0,48
Sonda 40 cm	Laureles	Lote 4	15/09/2021	0,32	0,28	0,01	3,72	2,75	0,25	0,5
Sonda 60 cm	Laureles	Lote 4	15/09/2021	0,75	0,28	0,01	3,64	2,67	0,12	0,39
Sonda 20 cm	Velaba	Lote 18	13/04/2021	0,66	0,28	0,01	0,8	0,49	1,05	0,45

Tipo de muestra	Finca	Parcela	FECHA	pH	C. E. μS/cm	H ₂ PO ₄ ⁻ meq/L	Cl ⁻ meq/L	SO ₄ ²⁻ meq/L
Sonda 40 cm	Velaba	Lote 18	13/04/2021	6,62	488	0,01	1,37	1,19
Sonda 60 cm	Velaba	Lote 18	13/04/2021	6,21	310	0,01	0,83	0,9
Sonda 20 cm	Velaba	Lote 18	11/06/2021	5,27	2125	0,01	11	0,84
Sonda 40 cm	Velaba	Lote 18	11/06/2021	6,13	2751	0,01	15,2	1,12
Sonda 60 cm	Velaba	Lote 18	11/06/2021	5,9	1047	0,01	6,06	0,71
Sonda 20 cm	Velaba	Lote 18	14/09/2021	5,99	407	0,04	1,06	1,36
Sonda 40 cm	Velaba	Lote 18	14/09/2021	6,32	275	0,04	0,82	1,44
Sonda 60 cm	Velaba	Lote 18	14/09/2021	6,64	280	0,04	0,65	1,61
Sonda 20 cm	Retiro	Lote 71	30/03/2021	5,86	935	0,01	2,86	0,36
Sonda 40 cm	Retiro	Lote 71	30/03/2021	6,27	826	0,01	4,02	<0,21
Sonda 60 cm	Retiro	Lote 71	30/03/2021	6,42	1305	0,01	6,7	0,25
Sonda 20 cm	Retiro	Lote 71	07/05/2021	5,89	1298	0,01	5,65	0,48
Sonda 40 cm	Retiro	Lote 71	07/05/2021	6,14	432	0,01	1,92	0,5
Sonda 60 cm	Retiro	Lote 71	07/05/2021	6,6	672	0,01	2,66	0,24
Sonda 20 cm	Retiro	Lote 71	30/06/2021	4,78	1298	0,01	6,2	1,15
Sonda 40 cm	Retiro	Lote 71	30/06/2021	5,84	1829	0,01	5,46	<0.21
Sonda 60 cm	Retiro	Lote 71	30/06/2021	6,52	396	0,01	0,83	0,27
Sonda 20 cm	Retiro	Lote 71	06/08/2021	4,87	3550	0,04	10,3	1,77
Sonda 40 cm	Retiro	Lote 71	06/08/2021	6,3	3029	0,24	6,29	0,31
Sonda 60 cm	Retiro	Lote 71	06/08/2021	6,47	2229	0,2	4,53	0,93
Sonda 20 cm	Retiro	Lote 71	16/09/2021	6,67	703	0,04	2,87	1,77
Sonda 40 cm	Retiro	Lote 71	16/09/2021	6,78	709	0,04	2,82	2,72
Sonda 60 cm	Retiro	Lote 71	16/09/2021	6,75	821	0,04	2,87	2,54
Sonda 20 cm	Guaro	Lote 48	30/03/2021	6,32	2157	0,01	12,2	0,71
Sonda 40 cm	Guaro	Lote 48	30/03/2021	6,26	1938	0,01	12,3	3,84
Sonda 60 cm	Guaro	Lote 48	30/03/2021	6,8	1050	0,01	4,34	2,97
Sonda 20 cm	Guaro	Lote 48	11/05/2021	6,1	1550	0,01	9,33	4,91
Sonda 40 cm	Guaro	Lote 48	11/05/2021	6,51	871	0,01	5,95	0,94
Sonda 60 cm	Guaro	Lote 48	11/05/2021	6,42	1144	0,01	5,47	0,58
Sonda 20 cm	Guaro	Lote 48	30/06/2021	6,72	312	0,01	0,39	1,44
Sonda 40 cm	Guaro	Lote 48	30/06/2021	6,38	616	0,01	1,33	4,19
Sonda 60 cm	Guaro	Lote 48	30/06/2021	6,39	822	0,01	1,65	6,01
Sonda 20 cm	Guaro	Lote 48	04/08/2021	6,14	557	0,02	1,44	3,53
Sonda 40 cm	Guaro	Lote 48	04/08/2021	6,33	435	0,01	0,96	2,24
Sonda 60 cm	Guaro	Lote 48	04/08/2021	6,13	965	0,01	3,38	4,61
Sonda 20 cm	Guaro	Lote 48	16/09/2021	6,42	901	0,04	5,13	1,61
Sonda 40 cm	Guaro	Lote 48	16/09/2021	6,34	854	0,04	5,42	1,47
Sonda 60 cm	Guaro	Lote 48	16/09/2021	6,54	556	0,04	2,21	2,27
Sonda 20 cm	Finca 3	Lote 6	30/03/2021	5,74	4578	0,01	10,2	29,4
Sonda 40 cm	Finca 3	Lote 6	30/03/2021	6,55	1066	0,01	1,41	4,86
Sonda 60 cm	Finca 3	Lote 6	30/03/2021	6,66	382	0,01	0,57	0,94
Sonda 20 cm	Finca 3	Lote 6	07/05/2021	5,65	3887	0,01	12,7	5,74
Sonda 40 cm	Finca 3	Lote 6	07/05/2021	5,82	553	0,01	2,09	0,45
Sonda 60 cm	Finca 3	Lote 6	07/05/2021	6,28	343	0,01	1,47	0,37
Sonda 20 cm	Finca 3	Lote 6	30/06/2021	5,87	934	0,01	1,3	9,06
Sonda 40 cm	Finca 3	Lote 6	30/06/2021	5,47	1238	0,01	7,66	0,57
Sonda 60 cm	Finca 3	Lote 6	30/06/2021	5,82	416	0,01	1,95	0,53
Sonda 20 cm	Finca 3	Lote 6	6/08/2021	6,32	1094	0,03	1,51	9,28
Sonda 40 cm	Finca 3	Lote 6	6/08/2021	6,89	500	0,03	1,5	2,05
Sonda 60 cm	Finca 3	Lote 6	6/08/2021	6	481	0,04	2,32	1,05
Sonda 20 cm	Finca 3	Lote 6	16/09/2021	5,48	2907	0,04	9,1	3,25
Sonda 40 cm	Finca 3	Lote 6	16/09/2021	5,69	1296	0,04	5,15	1,18
Sonda 60 cm	Finca 3	Lote 6	16/09/2021	5,85	425	0,04	1,6	0,54

Tipo de muestra	Finca	Parcela	FECHA	NO ₃ ⁻ meq/L	NH ₄ ⁺ meq/L	Urea meq/L	Ca ²⁺ meq/L	Mg ²⁺ meq/L	K ⁺ meq/L	Na ⁺ meq/L
Sonda 40 cm	Velaba	Lote 18	13/04/2021	0,39	0,28	0,01	2,02	0,91	0,89	0,53
Sonda 60 cm	Velaba	Lote 18	13/04/2021	0,34	0,28	0,01	1,31	0,55	0,32	0,52
Sonda 20 cm	Velaba	Lote 18	11/06/2021	8,45	0,28	0,01	12,6	4,9	1,61	0,6
Sonda 40 cm	Velaba	Lote 18	11/06/2021	9,83	0,28	0,01	18,5	6,72	1,27	0,67
Sonda 60 cm	Velaba	Lote 18	11/06/2021	2,55	0,28	0,01	6,33	2,38	0,53	0,46
Sonda 20 cm	Velaba	Lote 18	14/09/2021	1,01	0,28	0,01	1,46	0,75	0,99	0,24
Sonda 40 cm	Velaba	Lote 18	14/09/2021	0,53	0,28	0,01	1,13	0,61	0,62	0,24
Sonda 60 cm	Velaba	Lote 18	14/09/2021	0,39	0,28	0,01	1,59	0,91	0,12	0,38
Sonda 20 cm	Retiro	Lote 71	30/03/2021	4,93	0,28	0,01	5	2,91	0,56	0,39
Sonda 40 cm	Retiro	Lote 71	30/03/2021	2,89	0,28	0,01	4,26	2,83	0,15	0,55
Sonda 60 cm	Retiro	Lote 71	30/03/2021	5,04	0,28	0,01	7,44	4,39	0,09	0,66
Sonda 20 cm	Retiro	Lote 71	07/05/2021	5,13	0,28	0,01	6,52	3,31	0,9	1,41
Sonda 40 cm	Retiro	Lote 71	07/05/2021	0,83	0,28	0,01	2,23	1,15	0,28	0,26
Sonda 60 cm	Retiro	Lote 71	07/05/2021	2,07	0,28	0,01	3,84	2,17	0,07	0,43
Sonda 20 cm	Retiro	Lote 71	30/06/2021	5,06	0,28	0,01	7,73	4,09	0,29	0,51
Sonda 40 cm	Retiro	Lote 71	30/06/2021	11,9	0,28	0,01	10,5	6,54	0,4	0,63
Sonda 60 cm	Retiro	Lote 71	30/06/2021	1,85	0,28	0,01	2,23	1,3	0,05	0,3
Sonda 20 cm	Retiro	Lote 71	06/08/2021	17,6	0,28	0,01	19,7	9,66	1,09	0,68
Sonda 40 cm	Retiro	Lote 71	06/08/2021	19,4	1,15	0,01	14,8	10,3	0,41	0,66
Sonda 60 cm	Retiro	Lote 71	06/08/2021	12,9	1,43	0,01	10,6	7,66	0,29	0,56
Sonda 20 cm	Retiro	Lote 71	16/09/2021	1,53	0,28	0,01	3,49	1,8	0,36	0,74
Sonda 40 cm	Retiro	Lote 71	16/09/2021	0,8	0,28	0,01	3,63	1,84	0,28	0,64
Sonda 60 cm	Retiro	Lote 71	16/09/2021	2,04	0,28	0,01	4,73	2,39	0,16	0,43
Sonda 20 cm	Guaro	Lote 48	30/03/2021	6,89	0,28	0,01	13,1	4,95	2,37	0,59
Sonda 40 cm	Guaro	Lote 48	30/03/2021	3,09	0,28	0,01	12,3	5,87	0,84	0,84
Sonda 60 cm	Guaro	Lote 48	30/03/2021	2,69	0,28	0,01	6,77	2,59	0,55	0,56
Sonda 20 cm	Guaro	Lote 48	11/05/2021	1,45	0,28	0,01	11	4,79	0,59	0,7
Sonda 40 cm	Guaro	Lote 48	11/05/2021	0,39	0,28	0,01	5,14	1,86	1,09	0,41
Sonda 60 cm	Guaro	Lote 48	11/05/2021	3,89	0,28	0,01	7,75	2,66	0,74	0,42
Sonda 20 cm	Guaro	Lote 48	30/06/2021	0,26	0,28	0,01	1,73	0,64	0,42	0,25
Sonda 40 cm	Guaro	Lote 48	30/06/2021	0,56	0,28	0,01	4,04	1,89	0,31	0,4
Sonda 60 cm	Guaro	Lote 48	30/06/2021	0,8	0,28	0,01	6,13	2,2	0,26	0,49
Sonda 20 cm	Guaro	Lote 48	04/08/2021	0,18	0,28	0,01	3,3	1,65	0,29	0,39
Sonda 40 cm	Guaro	Lote 48	04/08/2021	0,26	0,28	0,01	2,41	1,08	0,37	0,31
Sonda 60 cm	Guaro	Lote 48	04/08/2021	1,64	0,28	0,01	6,71	2,55	0,32	0,54
Sonda 20 cm	Guaro	Lote 48	16/09/2021	0,82	0,28	0,01	4,33	1,9	1,25	0,53
Sonda 40 cm	Guaro	Lote 48	16/09/2021	0,81	0,28	0,01	4,7	1,67	1,09	0,47
Sonda 60 cm	Guaro	Lote 48	16/09/2021	0,25	0,28	0,01	2,67	1,15	0,87	0,35
Sonda 20 cm	Finca 3	Lote 6	30/03/2021	17,5	8,57	150	24,2	9,69	7,14	1,37
Sonda 40 cm	Finca 3	Lote 6	30/03/2021	3,83	0,28	0,01	5,87	2,78	0,69	1,16
Sonda 60 cm	Finca 3	Lote 6	30/03/2021	0,97	0,28	0,01	2,06	0,85	0,2	0,66
Sonda 20 cm	Finca 3	Lote 6	07/05/2021	20,8	0,28	0,01	26,8	11,1	1,65	1,64
Sonda 40 cm	Finca 3	Lote 6	07/05/2021	1,94	0,28	0,01	2,69	1,48	0,12	0,76
Sonda 60 cm	Finca 3	Lote 6	07/05/2021	0,56	0,28	0,01	1,67	1,07	0,09	0,32
Sonda 20 cm	Finca 3	Lote 6	30/06/2021	0,73	0,28	0,01	7,09	3,04	0,2	0,62
Sonda 40 cm	Finca 3	Lote 6	30/06/2021	3,36	0,28	0,01	6,86	3,54	0,39	1,33
Sonda 60 cm	Finca 3	Lote 6	30/06/2021	1	0,28	0,01	2,01	1,12	0,1	0,62
Sonda 20 cm	Finca 3	Lote 6	6/08/2021	0,58	0,28	0,01	7,04	3,72	0,2	0,59
Sonda 40 cm	Finca 3	Lote 6	6/08/2021	0,65	0,28	0,01	3,01	1,33	0,06	0,33
Sonda 60 cm	Finca 3	Lote 6	6/08/2021	0,82	0,28	0,01	1,97	1,39	0,1	0,57
Sonda 20 cm	Finca 3	Lote 6	16/09/2021	12,1	0,28	0,01	16,3	6,85	0,66	1,05
Sonda 40 cm	Finca 3	Lote 6	16/09/2021	4,68	0,28	0,01	6,16	3,11	0,42	1,17
Sonda 60 cm	Finca 3	Lote 6	16/09/2021	1,64	0,28	0,01	1,9	1,07	0,15	0,64

ANEXO 2

Análisis foliares

Codigo de laboratorio	Finca	Parcela	Fecha de muestreo	N Dumas %	Fósforo %	Azufre %	Cloruros ppm	Calcio %	Magnesio %	Potasio %	Sodio ppm
V-21/081011	Genesis	Lote 31	13/12/2021	2,01	0,24	0,18	8.394	0,54	0,30	4,10	250,00
V-21_081012	Guatapuri	Lote 3	14/12/2021	1,69	0,22	0,17	7971,00	0,60	0,27	4,13	250,00
V-21/081010	Katia	Lote 6	13/12/2021	2,31	0,21	0,18	8494,00	0,64	0,34	4,35	250,00
V-21/081013	Montecristo	Lote 13	14/12/2021	2,02	0,21	0,19	8673,00	0,68	0,29	4,26	250,00
V-21/081014	Roble	Lote 1	14/12/2021	1,66	0,17	0,14	9627,00	0,53	0,32	4,13	250,00
Sin info	Agromar	Lote 3	4/02/2021	1,84	0,18	0,15	1,44	0,40	0,27	2,57	682,00
V-21/013961	Agromar	Lote 3	4/02/2021	2,57	0,22	0,20	3474,00	0,60	0,33	3,94	250,00
V-21/020710	Agromar	Lote 3	12/04/2021	2,68	0,23	0,21	1064,00	0,65	0,38	3,92	250,00
V-21/040507	Agromar	Lote 3	1/07/2021	2,04	0,19	0,16	1427,00	0,39	0,30	4,20	250,00
V-21/059224	Agromar	Lote 3	20/09/2021	1,93	0,21	0,21	7980,00	0,34	0,30	3,67	250,00
Sin info	Agromar	Lote 8	4/02/2021	1,80	0,20	0,19	1,63	0,37	0,30	3,08	573,00
V-21/013962	Agromar	Lote 8	4/02/2021	2,50	0,37	0,24	3709,00	0,57	0,41	4,25	250,00
V-21/020711	Agromar	Lote 8	12/04/2021	2,25	0,22	0,20	1173,00	0,52	0,37	3,35	250,00
V-21/040506	Agromar	Lote 8	1/07/2021	2,35	0,18	0,17	1348,00	0,46	0,31	3,44	250,00
V-21/059223	Agromar	Lote 8	20/09/2021	1,80	0,21	0,25	8197,00	0,56	0,29	3,78	250,00
V-21/042942	Leonor Emilia	Lote 4	8/07/2021	2,78	0,19	0,20	1266,00	0,35	0,31	3,58	250,00
V-21/063766	Leonor Emilia	Lote 4	30/09/2021	2,82	0,17	0,19	3789,00	0,36	0,25	2,80	250,00
V-21/074866	Leonor Emilia	Lote 4	12/11/2021	2,70	0,19	0,20	6180,00	0,45	0,27	3,24	250,00
V-21/023711	Nuevo Horizonte	Lote 29	14/04/2021	3,00	0,22	0,22	1558,00	0,52	0,33	3,71	250,00
V-21/044080	Nuevo Horizonte	Lote 29	13/07/2021	3,12	0,20	0,20	1434,00	0,68	0,37	3,59	250,00
V-21/061247	Nuevo Horizonte	Lote 29	30/09/2021	2,74	0,16	0,20	7401,00	0,68	0,25	2,93	818,00
V-21/075311	Nuevo Horizonte	Lote 29	17/11/2021	2,31	0,19	0,20	8507,00	0,53	0,33	3,18	250,00
V-21/044081	Nuevo Horizonte	Lote 18	13/07/2021	2,90	0,21	0,20	1392,00	0,54	0,31	3,83	250,00
V-21/061246	Nuevo Horizonte	Lote 18	30/09/2021	2,08	0,16	0,17	9243,00	0,54	0,22	3,29	832,00
V-21/075310	Nuevo Horizonte	Lote 18	17/11/2021	2,35	0,23	0,23	6779,00	0,42	0,32	3,47	250,00
V-21/044083	Pangordito	Lote 20	13/07/2021	1,91	0,20	0,17	1344,00	0,46	0,32	3,95	250,00
V-21/061244	Pangordito	Lote 20	29/09/2021	2,30	0,15	0,19	7476,00	0,50	0,30	3,35	805,00
V-21/074868	Pangordito	Lote 20	12/11/2021	2,52	0,20	0,17	4915,00	0,42	0,27	2,76	250,00
V-21/044082	Pangordito	Lote 4	13/07/2021	2,82	0,20	0,19	1327,00	0,53	0,30	3,16	250,00
V-21/061245	Pangordito	Lote 4	29/09/2021	1,86	0,13	0,18	6564,00	0,42	0,22	3,07	815,00
V-21/074867	Pangordito	Lote 4	12/11/2021	2,05	0,18	0,19	5723,00	0,40	0,25	2,92	250,00
V-21/017724	Yerbazal	Lote 5	12/03/2021	2,44	0,19	0,20	2896,00	0,76	0,32	3,67	250,00
V-21/038171	Yerbazal	Lote 5	18/06/2021	2,79	0,21	0,22	975,00	0,47	0,27	3,44	250,00
V-21/058842	Yerbazal	Lote 5	14/09/2021	3,05	0,18	0,25	6941,00	0,54	0,25	3,55	250,00
V-21/075313	Yerbazal	Lote 5	18/11/2021	2,64	0,21	0,23	7830,00	0,64	0,30	3,24	250,00
V-21/017723	Yerbazal	Lote 26	12/03/2021	2,72	0,19	0,20	2919,00	0,66	0,34	3,42	250,00
V-21/038170	Yerbazal	Lote 26	18/06/2021	2,72	0,20	0,21	1199,00	0,60	0,34	3,66	250,00
V-21/058841	Yerbazal	Lote 26	14/09/2021	2,75	0,17	0,19	7810,00	0,48	0,26	3,68	250,00
V-21/075312	Yerbazal	Lote 26	18/11/2021	2,29	0,20	0,22	5970,00	0,49	0,33	2,98	250,00
V-21/020712	Chelas	Lote 13	29/03/2021	2,61	0,22	0,21	1340,00	0,49	0,26	4,42	250,00
V-21/04052	Chelas	Lote 13	24/06/2021	2,46	0,22	0,20	1103,00	0,45	0,34	3,95	250,00
V-21/058849	Chelas	Lote 13	16/09/2021	2,36	0,16	0,21	5414,00	0,48	0,26	3,25	250,00
V-21/074865	Chelas	Lote 13	11/11/2021	2,17	0,19	0,20	10551,00	0,64	0,23	3,79	250,00
V-21/015710	Makazena	Lote 4	30/03/2021	2,91	0,22	0,25	982,00	0,72	0,35	3,64	250,00

Codigo de laboratorio	Finca	Parcela	Fecha de muestreo	N Dumas %	Fósforo %	Azufre %	Cloruros ppm	Calcio %	Magnesio %	Potasio %	Sodio ppm
V-21/042943	Makazena	Lote 4	9/07/2021	2,48	0,19	0,19	1264,00	0,49	0,27	3,94	250,00
V-21/063765	Makazena	Lote 4	30/09/2021	2,24	0,19	0,17	4219,00	0,35	0,25	3,02	250,00
V-21/075309	Makazena	Lote 4	17/11/2021	2,75	0,31	0,26	6752,00	0,45	0,32	3,49	250,00
V-21/020709	San Rafael	Lote 6	29/03/2021	2,26	0,23	0,23	859,00	0,60	0,36	4,17	250,00
V-21/040501	San Rafael	Lote 6	24/06/2021	2,53	0,19	0,20	1306,00	0,43	0,31	3,58	250,00
V-21/058839	San Rafael	Lote 6	14/09/2021	2,11	0,15	0,19	6373,00	0,39	0,25	2,86	250,00
V-21/074863	San Rafael	Lote 6	11/11/2021	1,68	0,17	0,15	8438,00	0,48	0,23	3,67	250,00
V-21/017722	Cedros	Lote 29	12/03/2021	2,72	0,20	0,20	2580,00	0,51	0,28	3,74	250,00
V-21/035036	Cedros	Lote 29	11/06/2021	2,72	0,19	0,16	2370,00	0,42	0,25	3,35	250,00
V-21/058843	Cedros	Lote 29	15/09/2021	2,24	0,16	0,17	8407,00	0,46	0,25	3,19	250,00
V-21/017720	Laureles	Lote 4	11/03/2021	2,78	0,20	0,20	2803,00	0,60	0,40	3,18	250,00
V-21/035035	Laureles	Lote 4	11/06/2021	2,44	0,18	0,15	2667,00	0,41	0,28	3,34	250,00
V-21/058844	Laureles	Lote 4	15/09/2021	2,53	0,16	0,20	9802,00	0,50	0,26	3,88	250,00
V-21/017719	Velaba	Lote 18	11/03/2021	2,71	0,18	0,19	2393,00	0,50	0,27	3,07	250,00
V-21/035034	Velaba	Lote 18	11/06/2021	2,83	0,21	0,18	1587,00	0,57	0,24	4,39	250,00
V-21/058840	Velaba	Lote 18	14/09/2021	2,26	0,16	0,15	8792,00	0,49	0,30	3,12	250,00
V-21/020713	Finca 3	Lote 6	30/03/2021	2,44	0,19	0,20	2896,00	0,76	0,32	3,67	250,00
V-21/028611	Finca 3	Lote 6	7/05/2021	2,79	0,21	0,22	975,00	0,47	0,27	3,44	250,00
V-21/040503	Finca 3	Lote 6	30/06/2021	2,38	0,16	0,22	1064,00	0,41	0,21	3,82	250,00
V-21/052374	Finca 3	Lote 6	6/08/2021	2,84	0,13	0,16	6737,00	0,44	0,28	2,84	250,00
V-21/058845	Finca 3	Lote 6	16/09/2021	2,84	0,15	0,20	11284,00	0,44	0,21	3,74	250,00
V-21/020715	Guaro	Lote 48	30/03/2021	2,72	0,19	0,20	2919,00	0,66	0,34	3,42	250,00
V-21/030040	Guaro	Lote 48	5/07/2021	2,72	0,20	0,21	1199,00	0,60	0,34	3,66	250,00
V-21/040505	Guaro	Lote 48	30/06/2021	2,31	0,19	0,17	1342,00	0,57	0,24	4,11	250,00
V-21/047251	Guaro	Lote 48	04/08/2021	2,50	0,18	0,17	2512,00	0,59	0,26	3,73	250,00
V-21/058848	Guaro	Lote 48	16/09/2021	2,92	0,19	0,23	9651,00	0,64	0,28	3,98	250,00
V-21/020714	Retiro	Lote 71	30/03/2021	2,85	0,25	0,23	1269,00	0,39	0,32	4,07	250,00
V-21/028612	Retiro	Lote 71	7/05/2021	2,47	0,19	0,18	3776,00	0,46	0,28	4,54	250,00
V-21/040504	Retiro	Lote 71	30/06/2021	2,36	0,20	0,18	1137,00	0,47	0,23	4,06	250,00
V-21/053635	Retiro	Lote 71	6/08/2021	2,80	0,18	0,19	6479,00	0,50	0,25	4,13	250,00
V-21/058846	Retiro	Lote 71	16/09/2021	2,29	0,17	0,20	9636,00	0,52	0,28	4,28	250,00

Codigo de laboratorio	Finca	Parcela	Fecha de muestreo	Boro ppm	Hierro ppm	Manganeso ppm	Cobre ppm	Zinc ppm	Molibdeno ppm	Aluminio ppm
V-21/081011	Genesis	Lote 31	13/12/2021	44,60	79,1	702,0	9,7400	25,5	1,00	20,3
V-21_081012	Guatapuri	Lote 3	14/12/2021	39,40	89,5	792,0	7,28	20,70	1,00	24,90
V-21/081010	Katia	Lote 6	13/12/2021	77,30	115,0	332,0	9,15	22,20	1,00	26,70
V-21/081013	Montecristo	Lote 13	14/12/2021	40,40	103,0	688,0	7,96	25,40	1,00	31,90
V-21/081014	Roble	Lote 1	14/12/2021	34,30	99,5	589,0	7,00	17,50	1,00	25,90
Sin info	Agromar	Lote 3	4/02/2021	20,00	149,00	208,00	8,00	18,00	1,00	0,00
V-21/013961	Agromar	Lote 3	4/02/2021	29,40	101,00	499,00	7,84	31,60	1,00	30,50
V-21/020710	Agromar	Lote 3	12/04/2021	68,50	82,70	240,00	8,54	20,70	1,00	10,10
V-21/040507	Agromar	Lote 3	1/07/2021	27,50	73,00	208,00	7,20	18,20	1,00	15,90
V-21/059224	Agromar	Lote 3	20/09/2021	28,30	80,30	320,00	6,19	28,70	1,00	6,30
Sin info	Agromar	Lote 8	4/02/2021	15,00	75,00	259,00	9,00	18,00	1,00	0,00
V-21/013962	Agromar	Lote 8	4/02/2021	22,30	97,70	501,00	7,93	32,00	1,00	30,80
V-21/020711	Agromar	Lote 8	12/04/2021	45,20	76,30	196,00	7,54	17,70	1,00	10,20
V-21/040506	Agromar	Lote 8	1/07/2021	28,00	78,30	419,00	6,80	16,80	1,00	25,90
V-21/059223	Agromar	Lote 8	20/09/2021	11,70	75,90	353,00	5,00	37,60	1,00	5,59
V-21/042942	Leonor Emilia	Lote 4	8/07/2021	45,70	94,10	837,00	7,30	24,60	1,00	29,70
V-21/063766	Leonor Emilia	Lote 4	30/09/2021	19,70	138,00	620,00	6,29	19,20	<0.1	40,00
V-21/074866	Leonor Emilia	Lote 4	12/11/2021	30,60	125,00	865,00	7,98	21,60	0,57	22,90
V-21/023711	Nuevo Horizonte	Lote 29	14/04/2021	106,00	110,00	543,00	12,50	58,00	1,00	23,70
V-21/044080	Nuevo Horizonte	Lote 29	13/07/2021	37,50	83,70	352,00	11,90	22,10	1,00	20,70
V-21/061247	Nuevo Horizonte	Lote 29	30/09/2021	13,50	92,40	512,00	9,20	67,80	0,59	7,74
V-21/075311	Nuevo Horizonte	Lote 29	17/11/2021	41,30	118,00	493,00	9,56	25,10	0,89	23,80
V-21/044081	Nuevo Horizonte	Lote 18	13/07/2021	41,50	87,40	416,00	10,90	22,40	1,00	18,70
V-21/061246	Nuevo Horizonte	Lote 18	30/09/2021	15,00	95,60	259,00	9,59	69,10	0,99	8,29
V-21/075310	Nuevo Horizonte	Lote 18	17/11/2021	41,40	111,00	635,00	9,31	28,40	0,50	20,00
V-21/044083	Pangordito	Lote 20	13/07/2021	29,90	98,80	671,00	6,10	18,80	1,00	32,30
V-21/061244	Pangordito	Lote 20	29/09/2021	11,90	91,00	354,00	8,53	19,10	<0.1	9,20
V-21/074868	Pangordito	Lote 20	12/11/2021	57,90	86,60	664,00	6,30	14,10	0,12	10,20
V-21/044082	Pangordito	Lote 4	13/07/2021	30,10	79,10	723,00	7,40	19,40	1,00	15,00
V-21/061245	Pangordito	Lote 4	29/09/2021	12,00	94,90	696,00	6,02	24,60	0,30	15,80
V-21/074867	Pangordito	Lote 4	12/11/2021	34,10	103,00	972,00	6,09	27,70	<0.1	14,90
V-21/017724	Yerbazal	Lote 5	12/03/2021	13,10	89,50	370,00	7,91	54,60	1,00	15,80
V-21/038171	Yerbazal	Lote 5	18/06/2021	51,20	102,00	449,00	9,20	21,80	1,00	35,40
V-21/058842	Yerbazal	Lote 5	14/09/2021	46,70	119,00	516,00	8,59	30,00	1,00	18,00
V-21/075313	Yerbazal	Lote 5	18/11/2021	76,50	140,00	877,00	8,79	28,40	0,70	21,30
V-21/017723	Yerbazal	Lote 26	12/03/2021	16,50	76,90	229,00	9,48	42,80	1,00	11,10
V-21/038170	Yerbazal	Lote 26	18/06/2021	32,80	96,60	251,00	8,60	23,00	1,00	31,40
V-21/058841	Yerbazal	Lote 26	14/09/2021	12,10	119,00	249,00	8,18	25,70	1,00	20,40
V-21/075312	Yerbazal	Lote 26	18/11/2021	31,90	135,00	529,00	9,24	31,10	0,50	25,60
V-21/020712	Chelas	Lote 13	29/03/2021	26,50	84,10	415,00	8,13	22,50	1,00	13,40
V-21/04052	Chelas	Lote 13	24/06/2021	57,90	93,20	626,00	8,70	22,80	1,00	27,10
V-21/058849	Chelas	Lote 13	16/09/2021	11,90	88,60	369,00	4,32	19,30	1,00	10,20
V-21/074865	Chelas	Lote 13	11/11/2021	14,00	98,80	739,00	5,98	37,80	0,98	18,10
V-21/015710	Makazena	Lote 4	30/03/2021	39,80	102,00	770,00	9,23	36,70	1,00	21,90

Codigo de laboratorio	Finca	Parcela	Fecha de muestreo	Boro ppm	Hierro ppm	Manganeso ppm	Cobre ppm	Zinc ppm	Molibdeno ppm	Aluminio ppm
V-21/042943	Makazena	Lote 4	9/07/2021	22,60	85,60	826,00	7,30	18,90	1,00	18,50
V-21/063765	Makazena	Lote 4	30/09/2021	27,40	99,40	627,00	6,92	57,10	0,30	17,90
V-21/075309	Makazena	Lote 4	17/11/2021	46,60	111,00	666,00	7,62	22,40	0,69	38,50
V-21/020709	San Rafael	Lote 6	29/03/2021	29,50	75,20	249,00	7,25	23,30	1,00	14,00
V-21/040501	San Rafael	Lote 6	24/06/2021	30,50	64,60	406,00	6,60	20,80	1,00	15,30
V-21/058839	San Rafael	Lote 6	14/09/2021	13,80	118,00	321,00	4,87	20,20	1,00	20,60
V-21/074863	San Rafael	Lote 6	11/11/2021	18,90	116,00	366,00	5,10	20,30	1,10	21,20
V-21/017722	Cedros	Lote 29	12/03/2021	16,90	89,50	530,00	9,99	20,30	1,00	19,20
V-21/035036	Cedros	Lote 29	11/06/2021	30,80	76,50	624,00	8,80	14,40	1,00	20,90
V-21/058843	Cedros	Lote 29	15/09/2021	15,00	154,00	344,00	7,59	20,20	1,00	26,80
V-21/017720	Laureles	Lote 4	11/03/2021	28,10	405,00	574,00	10,00	21,20	1,00	169,00
V-21/035035	Laureles	Lote 4	11/06/2021	32,10	96,00	752,00	7,10	16,40	1,00	31,50
V-21/058844	Laureles	Lote 4	15/09/2021	19,20	148,00	371,00	7,53	20,30	1,00	29,50
V-21/017719	Velaba	Lote 18	11/03/2021	17,50	89,70	426,00	8,18	21,30	1,00	14,60
V-21/035034	Velaba	Lote 18	11/06/2021	56,00	94,50	223,00	7,50	18,10	1,00	25,20
V-21/058840	Velaba	Lote 18	14/09/2021	13,30	91,90	325,00	6,80	17,60	1,00	7,20
V-21/020713	Finca 3	Lote 6	30/03/2021	13,10	89,50	370,00	7,91	54,60	1,00	15,80
V-21/028611	Finca 3	Lote 6	7/05/2021	51,20	102,00	449,00	9,20	21,80	1,00	35,40
V-21/040503	Finca 3	Lote 6	30/06/2021	20,70	241,00	975,00	7,60	46,20	1,00	120,00
V-21/052374	Finca 3	Lote 6	6/08/2021	10,50	284,00	540,00	6,14	28,30	1,00	153,00
V-21/058845	Finca 3	Lote 6	16/09/2021	14,60	140,00	331,00	7,75	22,50	1,00	35,60
V-21/020715	Guaro	Lote 48	30/03/2021	16,50	76,90	229,00	9,48	42,80	1,00	11,10
V-21/030040	Guaro	Lote 48	5/07/2021	32,80	96,60	251,00	8,60	23,00	1,00	31,40
V-21/040505	Guaro	Lote 48	30/06/2021	45,90	84,10	504,00	7,80	18,70	1,00	20,50
V-21/047251	Guaro	Lote 48	04/08/2021	35,70	86,00	449,00	8,20	18,90	1,00	24,10
V-21/058848	Guaro	Lote 48	16/09/2021	37,30	137,00	368,00	7,95	22,20	1,00	15,40
V-21/020714	Retiro	Lote 71	30/03/2021	22,30	126,00	382,00	13,60	37,90	1,00	36,40
V-21/028612	Retiro	Lote 71	7/05/2021	28,70	124,00	552,00	8,80	17,90	1,00	36,10
V-21/040504	Retiro	Lote 71	30/06/2021	20,70	141,00	384,00	8,40	20,50	1,00	48,30
V-21/053635	Retiro	Lote 71	6/08/2021	18,50	107,00	406,00	9,00	20,00	1,00	20,40
V-21/058846	Retiro	Lote 71	16/09/2021	25,20	142,00	452,00	9,07	23,10	1,00	26,10