

## Estudio geoquímico de pH y conductividad eléctrica en una finca piñera, Zanguenga, La Chorrera



### Geochemical study of pH and electrical conductivity in a pineapple farm, Zanguenga, La Chorrera

Montenegro, Valery A.; Hernández, Delvis; Dominguez, Anmary L.; Castañeda, Yedart; Adames, Ricardo; Percival, Hug; Vergara, Ariel; Zamora, Antonio; Vargas, Yelenin; Quintero, Katherine; De Gracia, Rony; Zambrano, Pamela; Caicedo, Ricauter; Solís, Yinela; Sandoval, Hillary; Rodríguez, Rita; Martínez, Ernesto; Arrocha, Jonatha; González-Valoys, Ana

**Valery A. Montenegro**

Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

**Delvis Hernández**

Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

**Anmary L. Dominguez**

Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

**Yedart Castañeda**

Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

**Ricardo Adames**

Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

**Hug Percival**

Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

**Ariel Vergara**

Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

**Antonio Zamora**

Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

**Yelenin Vargas**

Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

**Katherine Quintero**

Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

**Rony De Gracia**

Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

**Pamela Zambrano**

Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

**Ricauter Caicedo**

Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

**Yinela Solís**

Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

**Hillary Sandoval**

Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

**Rita Rodríguez**

Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

**Ernesto Martínez**

Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

**Resumen:** La piña es el segundo cultivo perenne tropical con más importancia a nivel mundial después del banano, aportando más del 20% del volumen total mundial de frutos tropicales. La calidad de la piña panameña es del deleite nacional y de mercados internacionales como Europa y Estados Unidos, siendo La Chorrera el mayor productor de piña del país. El objetivo de este estudio es realizar un muestreo geoquímico aplicado a labores agrícolas, con el fin de generar mapas geoquímicos de pH y conductividad eléctrica que sean de utilidad a la producción de piña de la finca en estudio. El muestreo se realizó con una malla irregular de 13 puntos de muestras de suelo, y 2 muestras de sedimentos de los cuerpos de agua cercanos. Se tomaron muestras de suelo a 15 cm de profundidad, y se midió el pH y conductividad eléctrica. En todo el perímetro de la finca los valores de pH del suelo fueron ácidos, siendo el mínimo 4.25 y el máximo 5.09. Se observó que las zonas con mayor conductividad eléctrica fueron los sedimentos de los cuerpos de agua, mientras que las zonas de producción agrícola estuvieron en un rango de 21 a 107  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Concluyendo así que la zona se ve afectada por fenómenos como la erosión y el transporte de sedimentos hacia los cuerpos de agua, lo cual guarda relación directa con el relieve de la zona de estudio, y podría indicar también como se realiza el arrastre de los nutrientes aplicados al cultivo de piña.

**Palabras clave:** Conductividad eléctrica, La Chorrera, mapa geoquímico, pH, piña.

**Abstract:** Pineapple is the second most important tropical perennial crop worldwide after bananas, contributing more than 20% of the world's total volume of tropical fruits. The quality of the Panamanian pineapple is of national delight and in international markets such as Europe and the United States, with La Chorrera being the largest pineapple producer in the country. The objective of this study is to carry out a geochemical sampling applied to agricultural work, to generate geochemical maps of pH and electrical conductivity that are useful for the pineapple production of the farm under study. Sampling was carried out with a irregular mesh of 13 soil sample points, and 2 sediment samples from nearby bodies of water. Soil samples were

Jonatha Arrocha

Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

Ana González-Valoys

ana.gonzalez1@utp.ac.pa

Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

Revista de I+D Tecnológico

Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

ISSN: 1680-8894

ISSN-e: 2219-6714

Periodicidad: Semestral

vol. 19, núm. 2, 2023

[orlando.aguilar@utp.ac.pa](mailto:orlando.aguilar@utp.ac.pa)

Recepción: 15 Mayo 2023

Corregido: 10 Julio 2023

Aprobación: 11 Julio 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/339/3394675007/>



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-  
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

## 1. INTRODUCCIÓN

La piña (*Ananas Comosus L.*) es una fruta tropical perteneciente al grupo de las monocotiledóneas y a la familia Bromeliaceae [1].

La planta de la piña es común en zonas de clima tropical, se cultiva en elevaciones entre el nivel del mar y los 900m. Requiere temperaturas entre 16°C y 32°C siendo las óptimas entre 16°C y 21°C. La alta luminosidad es importante con un mínimo mensual de 12.8% a 20% de brillo solar [2].

Esta fruta se produce bajo regímenes de mucha precipitación entre los 1200 y 1800mm. Debe evitarse la siembra de este cultivo en suelos muy arcillosos de mala estructura que impidan la permeabilidad [2].

Aunque la piña tolera períodos relativamente largos de sequía, el riego cuando se establece la siembra y en el inicio de la formación de la flor y de la fruta es de suma importancia para la calidad de la fruta [2].

Conocida en muchas regiones como “araná”, la piña ha sido cultivada durante cientos de años. Es una especie originaria del Amazonas, probablemente entre Brasil y Paraguay; luego los exploradores españoles y portugueses distribuyeron la planta de piña al resto del mundo [1].

Hawái fue el primer lugar donde se cultivó comercialmente la fruta. La producción mundial de la piña se duplicó entre los años 1948 y 1965 y desde entonces se halla en rápido aumento [3]. Hoy en día, se producen a nivel mundial alrededor de 28 millones de toneladas anuales [4].

Los principales exportadores de piña a nivel mundial para el 2022 son Costa Rica, Filipinas y Brasil [4], [5].

En el caso de Panamá la producción del país es cercana a las 35 000 toneladas métricas de piña por año, de las cuales el 93% se vende en el mercado total, el 5% se vende a la industria y el 2% es para exportación hacia países de Europa y Estados Unidos [6].

Los distritos de Panamá Oeste: La Chorrera, Capiro y Arraiján tienen el mayor porcentaje de explotaciones, siendo La Chorrera el que encabeza la lista [6].

De acuerdo con diferentes estudios de mercado sobre la comercialización de piña en Panamá, la principal zona

Zanguenga, Mendoza, Cerro Cama, Río Congo, Las

taken at a depth of 15 cm, and the pH and electrical conductivity were measured. Throughout the perimeter of the farm, the pH values of the soil were acidic, being the minimum 4.30 and the maximum 5.09. It was observed that the areas with the highest electrical conductivity were the sediments of the bodies of water, while the areas of agricultural production were in a range of 21 to 107  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Thus, concluding that the area is affected by phenomena such as erosion and the transport of sediments towards bodies of water, which is directly related to the relief of the study area, and could also indicate how the drag of nutrients is carried out. applied to pineapple cultivation.

**Keywords:** Electrical conductivity, La Chorrera, geochemical map, pH, pineapple .

Yayas y otras [7], [8].

En la actualidad, el área de Zanguenga (corregimiento de Herrera, La Chorrera) se ha convertido en la zona donde mayormente se cultiva la piña, contando con 16 plantas exportadoras [7].

Según conocedores de la materia, existen 500 hectáreas de cultivos de piña en el área Oeste. De estas 480 hectáreas son de la variedad Cayena lisa y unas 20 de hectáreas del híbrido MD2 (ver figura 1) [7], [9].

Al producir la piña MD2 Golden, una fruta que es más dulce, tiene menos fibra y acidez que la producida en otros países; y puede contener hasta cuatro veces más vitamina C que las variedades regulares, el país se convierte en uno de los productores de piña más apreciados de todo el planeta [10].



FIGURA 1.  
Piña híbrida MD2, en la Finca de estudio.

Al cierre del primer semestre de 2020 las empresas y fincas piñeras chorreranas lograron enviar por avión al menos 480 000 kilogramos de piña fresca [10].

El inmenso valor de la piña no sólo en la producción y exportación sino en el consumo de la población panameña y el impacto ambiental que pueden tener las actividades agrícolas relacionadas a este cultivo en las áreas de siembra hacen de suma importancia la

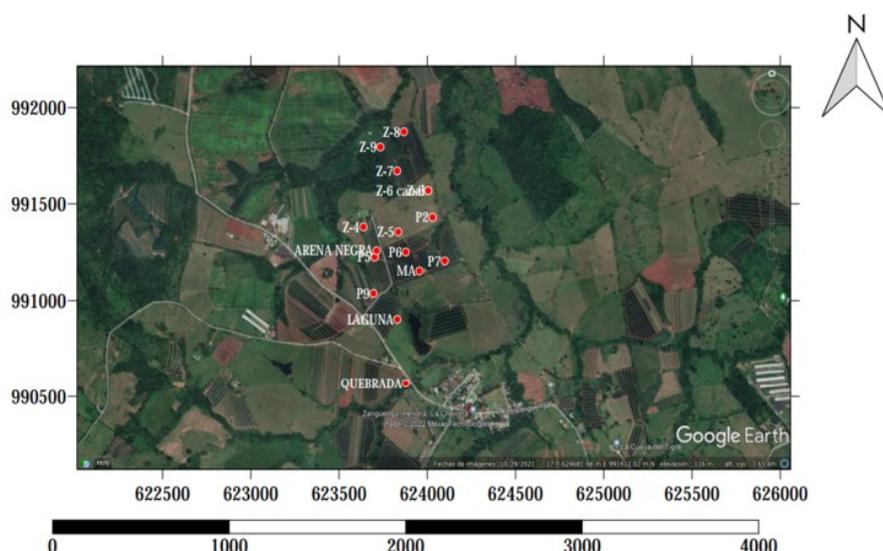


FIGURA 2.  
Muestras tomadas en la finca de piña Los Herrera, Zanguenga

caracterización e investigación científica dentro de esta zona.

El objetivo de este estudio es realizar un muestreo geoquímico aplicado a labores agrícolas, con el fin de generar mapas geoquímicos de pH y conductividad eléctrica que sean de utilidad a la producción de piña de la finca en estudio, con la disposición de información científica hacia los agricultores.

Los mapas presentan la distribución de las concentraciones de pH y conductividad eléctrica obtenidos de los análisis de laboratorio. Los valores son extrapolados hacia las zonas aledañas de la finca con el uso de herramientas tecnológicas.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Área de estudio

El estudio se realizó en la Finca de piña “Los Herrera”, ubicada en el corregimiento de Herrera, Distrito de La Chorrera, provincia de Panamá Oeste, Panamá, con las coordenadas de ubicación 623605.1233 E, 990910.534 N, y un área de 0.488 km<sup>2</sup>.

La Chorrera tiene un clima tropical de sabana, la temperatura anual varía de 24 °C a 32 °C. Usualmente la temporada lluviosa va de abril a diciembre, siendo

octubre el mes más lluvioso, con un promedio de 200 mm de lluvia, la época seca va de enero a marzo [11].

El área de estudio se encuentra en elevaciones entre los 100 y los 115msm, siendo la elevación más baja dentro de la finca unos 100m y la más alta unos 113m. La finca se encuentra dentro de la cuenca del Canal de Panamá en la subcuenca de Caño Quebrado [12].

La zona posee una morfonocrología formada en el periodo Terciario (65 Ma) y una litología que presenta rocas ígneas extrusivas (andesita, basalto, toba, otros) [13, 14]. Presenta en su mayoría suelos oxisoles, y muy pocos suelos inceptisoles [15], esto quiere decir que por lo general son suelos pobres bien drenados, escasos en materia orgánica, ferralítico, con textura arcillosa y fina [16]. El cultivo de la piña se da durante todo el año.

## 2.2 Muestreo

La campaña de muestreo se realizó los días 9 de septiembre y 10 octubre del año 2022. Se colectó una malla irregular a juicio de los expertos y bajo las condiciones de acceso en campo, de 13 puntos de muestras de suelo, y 2 muestras de sedimentos de los cuerpos de agua cercanos, mostrándose la geolocalización de las muestras (ver figura 2). Las muestras de suelo se tomaron a 15 cm de profundidad con una pala plástica. Las muestras de sedimentos de los

cuerpos de agua a 5 cm de profundidad con una pala plástica. De todas las muestras de tomó aproximadamente 1.5 kg, se colocaron en bolsas plásticas de cierre hermético y fueron almacenadas a temperatura ambiente.

## 2.3 Preparación de las muestras y análisis

odas las muestras, suelos y sedimentos, fueron secadas a temperatura ambiente en el laboratorio, disgregadas y pasadas a través de un tamiz de 2 mm [17]. Se tomó una alícuota representativa para realizar los ensayos de color, pH y conductividad eléctrica. El pH y conductividad eléctrica se determinó en una suspensión 1:5 (p/v) con el multiparámetro OHAUS ST20M-B bajo la norma ASTM D4972 [18]. El color seco y húmedo se determinó a través de las cartas de Munsell.

## 2.4 Análisis estadístico

Se emplearon hojas de Excel para el manejo de datos, el programa Minitab para la generación de gráficas de caja, y el programa Surfer con la opción “distancia inversa a una potencia (2)” para la generación de mapas de distribución de pH y conductividad eléctrica.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La clasificación del color en seco y húmedo para las muestras recolectadas según la Carta de Munsell son en su mayoría rojo y marrón rojizo (ver tabla 1). El suelo característico de la zona de estudio en Zanguenga es del tipo arcilloso con coloraciones rojizas, indicando la presencia de suelos ricos en hierro.

En el diagrama de caja y bigote para los valores de pH (ver figura 3) se puede observar que la totalidad de la finca está distribuida en un rango casi uniforme de pH donde se obtuvieron muestras ácidas, con un mínimo de 4.25, máximo de 5.09, y una media de 4.56.

En el mapa geoquímico de pH para la zona de estudio (ver figura 4) se observan datos significativamente bajos de pH 4.25 al suroeste de la finca correspondientes a las zonas de los sedimentos de la Laguna y Quebrada, mientras que en la zona central del terreno muestreado vemos una anomalía de pH aproximado de 5, representado de color verde y amarillo siendo el más alto, esto se debe a un agregado de cal destinado a la preparación del suelo para el cultivo de piña con el fin de ajustar el pH del suelo y mejorar la absorción de nutrientes [19].

Los suelos de La Chorrera son oxisoles, en estos el proceso de meteorización química da origen a los elementos característicos de suelos arcillosos, con presencia de minerales meteorizados como la caolinita y óxidos e hidróxidos de aluminio los cuales provocan la consistencia ácida del suelo [20]. La acidificación consiste en una disminución del pH del suelo como consecuencia de la acumulación sucesiva de iones de hidrógeno y de aluminio en el suelo, lo que produce una disminución en la disponibilidad de ciertos

elementos nutritivos como son el fósforo, magnesio y calcio en aquellos suelos donde suelen ser absorbidos por las plantas [21]

TABLA 1.  
Color según Munsell de las muestras recolectadas. Muestra Color seco Color

Muestra	Color seco	Color húmedo
Z-4	4/4 2.5 YR (Marrón rojizo)	4/6 2.5YR (Rojo)
Z-5	5/3 7.5YR (Rojo débil)	4/8 2.5YR (Rojo)
Z-6	4/4 2.5 YR (Marrón rojizo)	4/3 2.5YR (Marrón rojizo)
Z-6 canal	4/4 5 YR (Marrón rojizo)	4/4 5 YR (Marrón rojizo)
Z-7	4/6 10R (Rojo)	4/8 2.5 YR (Rojo)
Z-8	4/4 2.5 YR (Marrón rojizo)	5/6 2.5 YR (Rojo)
Z-9	4/6 2.5YR (Rojo)	3/6 2.5 YR (Rojo oscuro)
P2	5/4 5YR (Marrón rojizo)	5/6 2.5 YR (Rojo)
P5	5/4 5YR (Marrón rojizo)	5/6 2.5 YR (Rojo)
P6	5/4 5YR (Marrón rojizo)	5/6 2.5 YR (Rojo)
P7	4/4 2.5 YR (Marrón rojizo)	5/6 2.5 YR (Rojo)
P9	5/6 2.5 YR (Rojo)	5/6 2.5 YR (Rojo)
Arena negra	4/8 2.5 YR (Rojo)	5/6 2.5 YR (Rojo)
Laguna sedimento	4/1 7.7 YR (Gris oscuro)	4/1 7.7 YR (Gris oscuro)
Quebrada sedimento	4/4 5 YR (Marrón rojizo)	5/6 2.5 YR (Rojo)

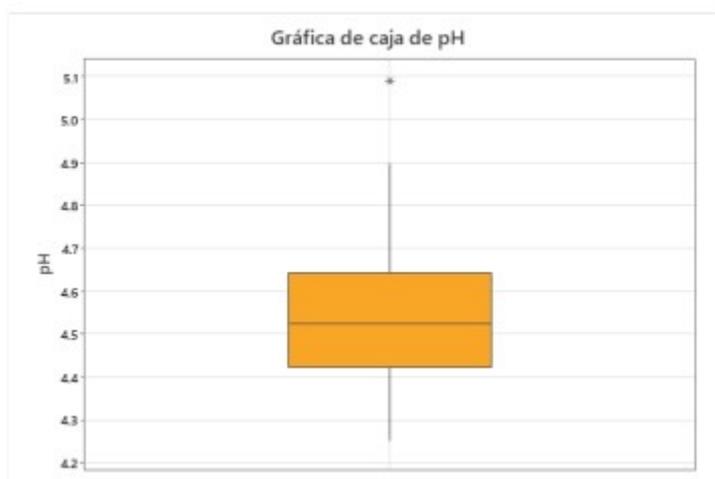


FIGURA 3.  
Gráfico de caja y bigotes de pH

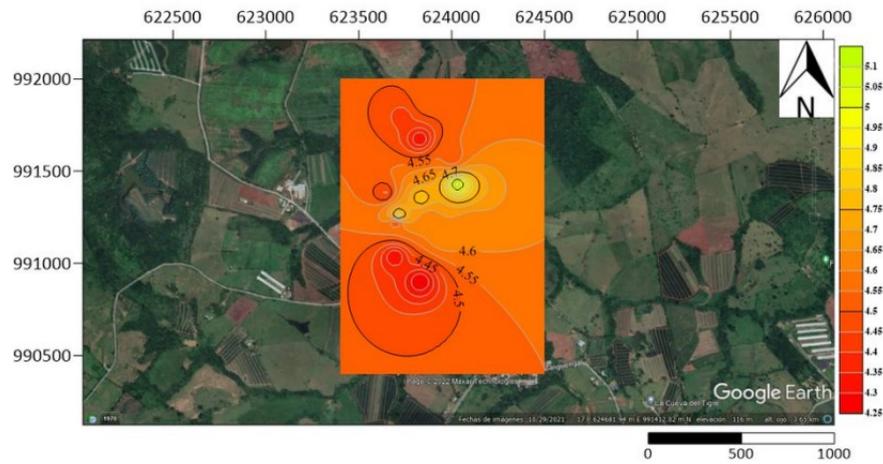


FIGURA 4.  
Mapa Geoquímico de pH de suelos y sedimentos en la zona de estudio.

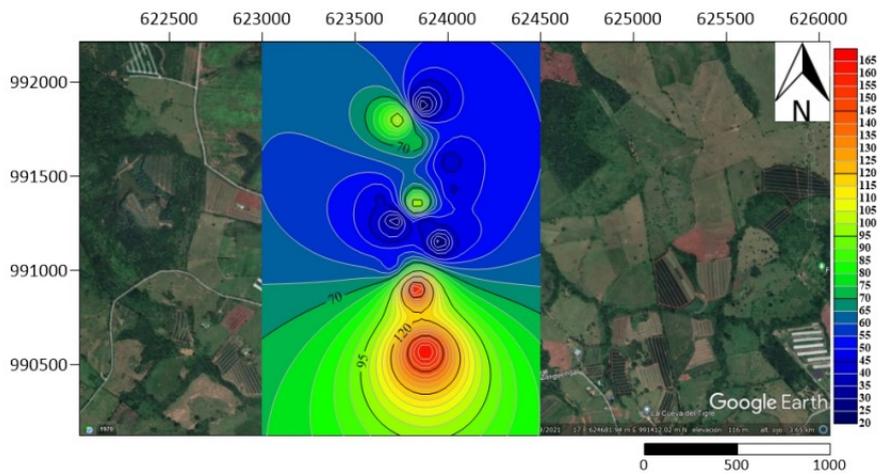


FIGURA 5.  
Mapa Geoquímico de Conductividad eléctrica en suelos y sedimentos en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .



FIGURA 6.  
Gráfico de caja y bigotes de conductividad eléctrica en  $\mu\text{S}/\text{cm}$

En cuanto a pH del suelo se refiere el valor medio de

4.56 medido en la finca de estudio se encuentra dentro del valor óptimo para el cultivo de piña, ya que para este cultivo el pH debe estar preferentemente entre 4.5 a 5.5, valores de pH mayores de 6.0 reportan problemas con *Phytophthora* [22].

El diagrama de caja y bigote para la conductividad eléctrica (ver figura 6) muestra un valor mínimo de 21  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , un máximo de 165  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en los sedimentos de los cuerpos de agua, y un valor medio de 64  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

En el mapa geoquímico de conductividad eléctrica en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para la zona de estudio (ver figura 5) se observa que los mayores valores de conductividad eléctrica se concentran en la parte sur del área de estudio correspondiente a los sedimentos de los cuerpos de agua, con valores alrededor de los 165  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mientras que los menores se dan en el centro y norte de la finca, con valores estimados de 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , esto puede deberse a las diferencias de elevación en el terreno que provocan la escorrentía de los materiales del suelo, llevando consigo gran cantidad de sales conductoras hacia las menores elevaciones y cuerpos de agua. En el noroeste de la finca se observa una conductividad mayor en un rango de 70 a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  correspondiente a un terreno pantanoso donde por escorrentía van las aguas.

La conductividad eléctrica está relacionada directamente con el contenido de elementos, sales y/o metales conductores de electricidad dentro del medio [23]. Es importante considerar que todos los fertilizantes inorgánicos aplicados al suelo y cultivo son sales y por lo tanto tendrán un efecto directo sobre la conductividad eléctrica, mostrándonos el estudio que estos están siendo arrastrados por efectos del clima [24], [25] y relieve hacia

los cuerpos de agua y zonas de menor pendiente de la finca.

El mapa de conductividad eléctrica nos da una estimación de cómo se da el proceso de erosión por escorrentía en la zona de estudio [26-29], y de la importancia de ir en la búsqueda de una agricultura de conservación ante el cambio climático [30].

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos mediante el muestreo geoquímico de la finca los Herrera en el área de Zanguenga, Panamá, arrojaron que la misma, presenta condiciones ideales de pH para el crecimiento y producción de la piña con un valor medio de pH de 4.56. Se evidenció también como la enmienda aplicada de cal al suelo surte efecto en esa zona de la finca donde se reportaron los valores de pH menos ácidos.

En cuanto a la conductividad eléctrica el mapa geoquímico nos permitió observar cómo se distribuye en la zona, obedeciendo a la pendiente del terreno, y dando evidencia de la erosión producida por fenómenos como las escorrentías, lo cual propicia el transporte de las sales aplicadas al suelo hacia los cuerpos de agua, donde se reportaron los mayores valores de conductividad eléctrica.

Viendo la utilidad que pueden tener los mapas geoquímicos para la actividad agrícola, recomendamos ampliar la zona de estudio y realizar estudios geoquímicos de nutrientes de manera que permita priorizar el tratamiento de zonas y economizar la materia prima como los fertilizantes, para que no se desperdicien, siendo así una asesoría técnica y científica al productor agrícola y a la agricultura sostenible.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener algún conflicto de interés.

## CONTRIBUCIÓN Y APROBACIÓN DE LOS AUTORES JUNTAS

Conceptualización del proyecto: AGV, RR, EM, YS. Diseño de la investigación: AGV.

Trabajo de campo: AGV, JA, YS, VM, AD, DH, YC, RA, HP, AV, AZ, YV, KQ, RD, PZ, RC.

Análisis de laboratorio: AGV, VM, AD, DH, YC, RA, HP, AV, AZ, YV, KQ, RD, PZ, RC, YS, JA.

Elaboración de mapas geoquímicos: AGV, VM, AD, DH, YC, RA, HP, AV, AZ, YV, KQ, RD, PZ, RC.

Análisis e interpretación de resultados: AGV, VM, AD, DH, YC, RA, HP, AV, AZ, YV, KQ, RD, PZ, RC.

Redacción del artículo: VM, AD, DH, YC, RA, HP, AV, AZ, YV, KQ, RD, PZ, RC, YS, HS, RR, EM, JA, AGV.

Revisión del artículo: AGV.

Todos los autores afirmamos que se leyó y aprobó la versión final de este artículo.

## AGRADECIMIENTOS

Al señor Carlos Herrera por permitirnos el acceso a su Finca Los Herrera. A la Universidad Tecnológica de Panamá por colaborar con el transporte y uso de laboratorios. Al Proyecto Geoparque Puente de las Américas. Al Sistema Nacional de Investigación (SNI) de Panamá por su apoyo a la investigación.

## REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola, “Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica,” 1991. [Online]. Available: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658pina.pdf>.
- [2] V. Cristancho, A. Buitrago y L. Corredor, “Cultivo de Piña,” Abril 1991. [Online]. Available: [https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5505/cultivo\\_de\\_pi%C3%B1a.PDF?s](https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5505/cultivo_de_pi%C3%B1a.PDF?s).
- [3] C. Dawson, “Piña,” 2010. [Online]. Available: [https://unctad.org/es/system/files/official-document/INFOCOMM\\_cp09\\_Pineapple\\_es.pdf](https://unctad.org/es/system/files/official-document/INFOCOMM_cp09_Pineapple_es.pdf).
- [4] Infoagro, “Producción de piña en México y el mundo,” 28 Abril 2022. [Online]. Available: <https://mexico.infoagro.com/produccion-de-pina-en-mexico-y-el-mundo/>.
- [5] Centro de Exportación e Inversión de la República Dominicana, “Perfil Producto: Piña,” [Online]. Available: [https://prodominicana.gob.do/Documentos/BC\\_PERFIL%20PRODUCTO%20-%20pi%C3%B1a\\_V6.pdf](https://prodominicana.gob.do/Documentos/BC_PERFIL%20PRODUCTO%20-%20pi%C3%B1a_V6.pdf).
- [6] J. A. Lara Martez y L. K. Vergara, “Caracterización de la actividad piñera en las subcuencas Los Hules - Tinajones y Caño Quebrado,” Abril 2004. [Online]. Available: <http://www.cich.org/publicaciones/06/caracterizacion-actividad-pinera.pdf>.
- [7] M. Alvendas, “Aumenta producción de piña,” 18 Abril 2011. [Online]. Available: <https://www.panamaamerica.com.pa/provincias/aumenta-produccion-de-pina-674836>.
- [8] Mercados Nacionales de la Cadena de Frío, S.A., “Zanguenga producción de piñas nacionales,” 24 Enero 2020. [Online]. Available: <https://www.cadenadefrio.com.pa/Zanguenga-produccion-de-pinas-nacionales>.
- [9] Ministerio de Desarrollo Agropecuario, “Piña chorrerana sigue con buena aceptación,” [Online]. Available: <https://mida.gob.pa/pina-chorrerana-sigue-con-buena-aceptacion/>.
- [10] Ministerio de Comercio e Industrias, “Análisis del desempeño reciente de las exportaciones de Piña en Panamá y en el mundo,” 4 Mayo 2021. [Online]. Available: <https://intelcom.gob.pa/storage/informes/May2021/By0yI5GFpq9u4oQSKOeK.pdf>.
- [11] Cedar Lake Ventures, Inc., “El clima y el tiempo promedio en todo el año en La Chorrera,” [Online]. Available: <https://es.weatherspark.com/y/19394/Clima-promedio-en-La-Chorrera-Panam%C3%A1-durante-todo-el-a%C3%B1o#:~:text=En%20La%20Chorrera%2C%20la%20temporada,m%C3%A1s%20de%2033%20%20C2%B0C..>
- [12] Comisión Interinstitucional de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá, “Plan de Acción Inmediata Subcuenca del Río Caño Quebrado” [Online]. Available: <http://www.cich.org/publicaciones/05/pai-cano-quebrado.pdf>.

- [13] Autoridad nacional del Ambiente. “Atlas ambiental de la República de Panamá”. 2020.
- [14] H. P. Pamela Zambrano, “Mapas y descripción de la geología, geomorfología y relieve de la zona de Zanguenga” Panama, 2022.
- [15] Fundación Wikimedia, Inc., (31 de marzo de 2008). “Oxisol”. Obtenido de Wikipedia: <https://es.wikipedia.org/wiki/Oxisol>
- [16] S. Rodríguez. “Propuesta Hacia un Ordenamiento Territorial”. 2018. [http://www.sibiup.up.ac.pa/bd/captura/upload/TM9172873R61 .pdf](http://www.sibiup.up.ac.pa/bd/captura/upload/TM9172873R61.pdf)
- [17] A. C. González-Valoys et al. “Ecological and Health Risk Assessments of an Abandoned Gold Mine (Remance, Panama): Complex Scenarios Need a Combination of Indices,” *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 18, no. 17, p. 9369, Sep. 2021, doi: 10.3390/ijerph18179369.
- [18] American Society Testing of Materials (ASTM). *Annual Book of ASTM Standards; International Standard World Wide; American Society Testing of Materials: West Conshohocken, PA, USA, 2004; Volume 04.08–04.09.*
- [19] A. Dunga, “El uso de la cal agrícola para el mejoramiento del suelo de cultivo,” 9 Octubre 2020. [Online]. Available: [https://fundaciontortilla.org/Agricultura/cal\\_agricola\\_para\\_el\\_mejoramiento\\_del\\_suelo](https://fundaciontortilla.org/Agricultura/cal_agricola_para_el_mejoramiento_del_suelo).
- [20] J. I. Mejía Gutiérrez, “Evaluación de la pérdida de suelo y nutrientes por erosión hídrica en el cultivo de piña en La Chorrera, Panamá Oeste,” 2018. [Online]. Available: [http://up-rid.up.ac.pa/1419/1/jose\\_mejia.pdf](http://up-rid.up.ac.pa/1419/1/jose_mejia.pdf).
- [21] “La acidificación en los suelos”. <https://www.fertibox.net/single-post/acidificacion> (consultado dic. 09, 2022).
- [22] INTAGRI. “Requerimientos de Fertilidad de Suelos para el Cultivo de la Piña” | Intagri S.C. 2015. [Online]. Available: <https://www.intagri.com/articulos/frutales/requerimientos-de-fertilidad-de-suelo-para-pina>
- [23] R. Sergio. “Conductividad eléctrica y salinidad - Redagrícola Chile”, 2017. <https://www.redagricola.com/cl/conductividad-electrica-salinidad/> (consultado dic. 09, 2022).
- [24] P.A Williams, O. Crespo, C. J. Atkinson. et al. “Impact of climate variability on pineapple production in Ghana”. *Agric & Food Secur* 6, 26 (2017). <https://doi.org/10.1186/s40066-017-0104-x>
- [25] M.F. Hossain. “World pineapple production: an overview”, 2016 [Online]. Available DOI: 10.18697/ajfand.76.15620
- [26] N. Shahabinejad, M. Mahmoodabadi, A. Jalalian. et al. “In situ field measurement of wind erosion and threshold velocity in relation to soil properties in arid and semiarid environments”. *Environ Earth Sci* 78, 501 (2019). <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8508-5>
- [27] K.H.K Perera, W.A.C. Udeshani, I.D.U.H Piyathilake., et al. Assessing soil quality and soil erosion hazards in the Moneragala District, Sri Lanka. *SN Appl. Sci.* 2, 2175 (2020). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03926-1>
- [28] T. Turkeltaub, J. Wang, Q. Cheng, et al. “Soil moisture and electrical conductivity relationships under typical Loess Plateau land covers”. *Vadose Zone Journal*, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1002/vzj2.20174>
- [29] G. Sassenrath, and S. Kulesza. "Measuring Soil Electrical Conductivity to Delineate Zones of Variability in Production Fields," *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports: Vol. 3: Iss. 2*, 2017. <https://doi.org/10.4148/2378-5977.1386>
- [30] I. Shaver et al. “Coupled social and ecological outcomes of agricultural intensification in Costa Rica and the future of biodiversity conservation in tropical agricultural regions”. *Global Environmental Changes*, 2015. [Online]. Available <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.02.006>