



A Ho Ra



CONSULTORÍA PARA DESARROLLAR UN ESTUDIO DE UN APLICATIVO PARA PRODUCTORES FAMILIARES DE MUSÁCEAS

Martha M. Bolaños-Benavides, Marlon J. Yacomelo H., Rommel Igor León P., Carmen Lorena Chavarro R., Elías David Flórez C., Diana M. Monroy C.– AGROSAVIA; Juan Carlos Rojas– INIA; Domingo Rengifo– IDIAF; William Ipanaqué– Universidad de Piura; Miembros del Comité Asesor Voluntario Internacional – (CAVI).

2023





Códigos JEL: Q16

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un mecanismo único de cooperación técnica entre países de América Latina, el Caribe y España, que promueve la competitividad y la seguridad alimentaria. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), FONTAGRO, de sus Directorios Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por: Martha M. Bolaños-Benavides, Marlon J. Yacomelo H., Rommel Igor León P., Carmen Lorena Chavarro R., Elías David Flórez C., Diana M. Monroy C.– AGROSAVIA; Juan Carlos Rojas– INIA; Domingo Rengifo– IDIAF; William Ipanaqué– Universidad de Piura; Miembros del Comité Asesor Voluntario Internacional – (CAVI).

Copyright © 2022 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial- SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Esta publicación puede solicitarse a:

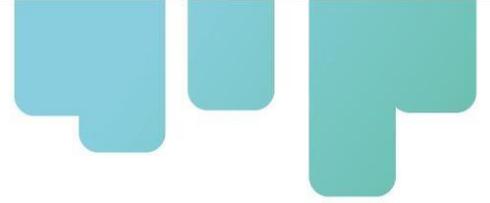
FONTAGRO

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org

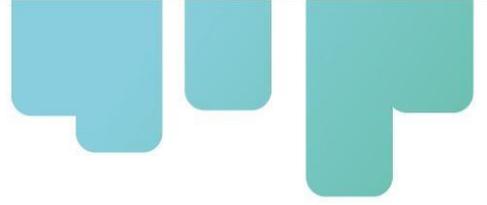
www.fontagro.org



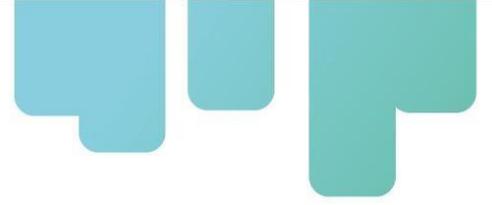
Antecedentes	8
Objetivos	10
Objetivo general.....	10
Objetivos específicos	10
Metodología	11
Actividad 1.1. Formulación de la plataforma de cálculos y escenarios de uso	11
Actividad 1.2. Formulación de un plan de negocio.	11
Actividad 1.3. Realizar el taller inaugural del proyecto (Virtual).....	12
Actividad 1.4. Estudio para el diseño de la versión inicial de la aplicación	21
Actividad 2.2. Desarrollo de un estudio para la versión Demo de la aplicación	21
Actividad 2.3. Estudio de prueba de la aplicación Demo en campos de productores. ...21	
Actividad 2.4. Estudio para el desarrollo de mejoras de la aplicación Demo y del plan de negocio.....	25
Actividad 3.1. Estudio para el desarrollo de la aplicación en su versión Pro	25
Actividad 3.2. Presentación oficial de en cada país.	26
Actividad 3.3. Estudio de monitoreo de la experiencia de los usuarios con la aplicación	26
Resultados	27
Actividad 1.1. Formulación de la plataforma de cálculos y escenarios de uso	27
• PRODUCTO 1. Webinar del taller organizado de especialistas para formulación de la plataforma... 27	
• PRODUCTO 2. Nota técnica sobre la plataforma de cálculos diseñada para generar indicadores de comportamiento de banano	27
Actividad 1.2. Formulación de un plan de negocio.	30
• PRODUCTO 3. Monografía de la formulación del plan de negocio.	30
Actividad 1.3. Realización del taller inaugural del proyecto (Virtual).....	33
• PRODUCTO 4. Nota técnica conteniendo la línea base sobre producción, métodos de monitoreo de comportamiento del cultivo en los tres países y uso de aplicativos similares en el mercado.....	33



- **PRODUCTO 5.** Webinar del taller de arranque del proyecto..... 77
- Actividad 1.4. Estudio para el diseño de la versión inicial de la aplicación 77
- **PRODUCTO 6.** Monografía de diseño técnico de la aplicación..... 77
- Actividad 2.2. Desarrollo de un estudio para la versión Demo de la aplicación 78
- **PRODUCTO 7.** Manual operativo de la aplicación en su versión Demo. 78
- Actividad 2.3. Estudio de prueba de la aplicación Demo en campos de productores.... 78**
- **PRODUCTO 8.** Talleres de capacitación realizados para mostrar el manejo de la aplicación a los productores en las zonas de prueba. 78
- **PRODUCTO 9.** Encuestas realizadas sobre la modalidad en que productores y técnicos integran la versión Demo en el análisis del manejo de sus campos de banano. 79
- **PRODUCTO 10.** Base de datos de validación de cálculos, enfocada en indicadores de productividad del banano..... 98
- Actividad 2.4. Estudio para el desarrollo de mejoras de la aplicación Demo y del plan de negocio..... 131
- **PRODUCTO 11.** Manual operativo actualizado de la aplicación en su versión Demo 131
- **PRODUCTO 12.** Monografía conteniendo la actualización del plan de negocio para la aplicación.. 131
- **PRODUCTO 13.** Webinar sobre modificación de la plataforma de cálculos y la aplicación versión Demo, basado en datos de validación 131
- Actividad 3.1. Estudio para el desarrollo de la aplicación en su versión Pro 132
- **PRODUCTO 14.** Manual operativo de la aplicación en su versión Pro..... 132
- Actividad 3.2. Presentación oficial de en cada país..... 132**
- **PRODUCTO 15.** Taller organizado de lanzamiento del aplicativo en cada país. 132
- Actividad 3.3. Estudio de monitoreo de la experiencia de los usuarios con la aplicación 132**
- **PRODUCTO 16.** Base de datos de la experiencia de usuarios de la aplicación de acuerdo con las pruebas de la versión Demo y Pro..... 132
- **PRODUCTO 17.** Monografía de la versión final del plan de negocios..... 134
- Hallazgos Destacados..... 140
- Historias en el campo..... 140
- Colombia** 140
- Perú** 141
- República Dominicana** 141
- Discusión 142



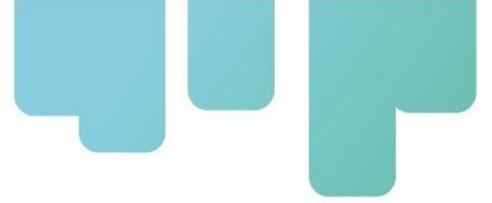
Recomendaciones.....	149
Referencias Bibliográficas	150
Anexos 1. Evidencias fotográficas de algunos eventos, proyecto °AHoRa.....	157
Instituciones participantes	158



Resumen

Los sistemas productivos de las musáceas, plátano y banano, se cultivan en todas las regiones tropicales y tienen importancia socioeconómica en todos los países donde se cultivan, principalmente en países en desarrollo. El proyecto AgTech financiado por Fontagro ATN/RF-17245-RG tiene como objetivo desarrollar y vincular en la comunidad, una aplicación web – móvil que permite mejorar la planificación y toma de decisiones de prácticas agronómicas en plantaciones de musáceas (plátano y banano) frente a la variabilidad climática, con especial referencia en la agricultura familiar de Colombia, Perú y República Dominicana. Para ello, el primer paso fue establecer la línea base o punto de partida acerca de los métodos de monitoreo de comportamiento del cultivo que emplean los productores y técnicos en las zonas de influencia del proyecto y el uso de aplicaciones similares a la propuesta. El presente documento expone, en primer lugar, una caracterización de los productores y técnicos de los tres países, realizada a partir de la aplicación de una encuesta estructurada. En segundo lugar, se presenta un estudio de vigilancia científica con el objetivo de identificar el uso de aplicativos similares al aplicativo °AHOra en el mercado. El siguiente paso fue generar y validar modelos matemáticos que convierte datos locales meteorológicos y abióticos para realizar algunas proyecciones de rendimiento del cultivo. El proceso de validación se implementó en fincas tecnificadas de banano en las diferentes regiones productoras de los países aliados. Posteriormente, se elaboró un plan de negocios que contribuye a asegurar la sostenibilidad del aplicativo y a alcanzar a la mayor cantidad de usuarios finales. Finalmente, la aplicación fue vinculada a pequeños productores y asistentes técnicos de las regiones productoras de banano y plátano de Colombia, Perú y República Dominicana. Como resultados se logró el desarrollo y validación de la versión móvil – web de la aplicación la cual permite cuantificar la tasa potencial de hojas, definir la fecha óptima de cosecha y el peso de la fruta en función de la acumulación de grados día, cuantificar las cantidades de nutrientes que requiere la planta para suplir sus requerimientos nutricionales en función de la extracción de nutrientes por tonelada cosecha de fruta y cuantificar las cantidades de agua requerida por la planta en función de un balance hídrico que tiene en cuenta la evapotranspiración del cultivo, la precipitación y los contenidos de humedad inicial en el suelo. El análisis de caracterización de productores y estudio de vigilancia tecnológica permitió identificar la necesidad que tienen los productores y asistentes técnicos de contar con herramientas tecnológicas que apoyen en la toma de decisiones sobre las prácticas agronómicas del cultivo, además, que hasta el momento no existía una App de uso libre dirigida a productores familiares de musáceas que incluya los cinco componentes o módulos que ofrece el aplicativo °AHOra. La aplicación fue vinculada efectivamente al menos 1000 productores y 300 asistentes técnicos mediante la implementación de talleres presenciales, jornadas de actualización tecnológica y a través de plataformas digitales como youtube, páginas web corporativas entre otras.

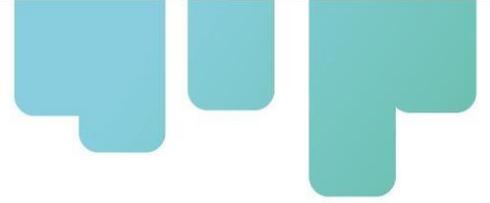
Palabras claves: agricultura 4.0, agricultura climáticamente inteligente, agricultura familiar, banano, plátano.



Abstract

The production systems of musaceae, plantain and banana, are cultivated in all tropical regions and have socioeconomic importance in all countries where they are grown, mainly in developing countries. The AgTech project funded by Fontagro ATN/RF-17245-RG aims to develop and link in the community, a web-mobile application to improve planning and decision making of agronomic practices in plantations of musaceae (plantain and banana) with regards to climate variability and special reference to family farming in Colombia, Peru, and the Dominican Republic. To this end, the first step was to establish a baseline or starting point on the methods used by producers and technicians in the project's areas of influence to monitor crop behavior and the use of similar applications to the one proposed. This document presents, first, a characterization of the producers and technicians in the three countries, based on the application of a structured survey. Secondly, a scientific surveillance study is presented with the objective of identifying the use of similar applications to the °AHoRa application in the market. The next step was to generate and validate mathematical models that convert local meteorological and abiotic data to make some crop yield projections. The validation process was implemented in technified banana farms in the different producing regions of the partner countries. Subsequently, a business plan was developed to ensure the sustainability of the application and to reach the greatest number of end users. Finally, the application was linked to small producers and technical assistants in banana and plantain-producing regions of Colombia, Peru, and the Dominican Republic. As a result, the mobile-web version of the application was developed and validated, which allows 1) quantifying the potential leaf rate and defining the optimal date for harvesting the fruit based on the accumulation of degree days, 2) quantify the amounts of nutrients required by the plant to supply its nutritional requirements based on nutrient extraction per ton of fruit harvested, and 3) quantify the amounts of water required by the plant based on a water balance that takes into account crop evapotranspiration, rainfall and initial soil moisture content. The analysis of producer characterization and technological surveillance study identified the need of producers and technical assistants for technological tools to support decision-making on crop agronomic practices, and the fact that there was not yet a free App for family growers of musaceae that included the five components or modules offered by the °AHoRa application. The application was effectively linked to at least 1,000 producers and 300 technical assistants through the implementation of face-to-face workshops, technology update days and through digital platforms such as youtube and corporate websites, among others.

Keywords: agriculture 4.0, climate-smart agriculture, family farming, bananas, plantain.

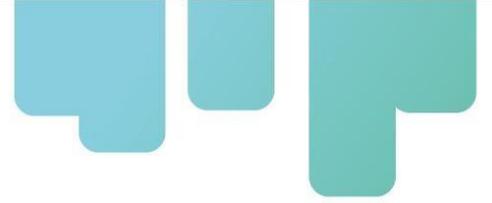


Antecedentes

Los sistemas productivos se enfrentan a un entorno cada vez más vulnerable teniendo en cuenta los impactos negativos ocasionados por las anomalías climáticas involucradas al cambio climático que pueden afectar desde el óptimo desarrollo de los cultivos hasta la amenaza a la seguridad alimentaria, entre otros (Flórez y Uribe, 2018; Cárdenas et al., 2017). En el caso del cultivo de banano y plátano, la variación de los niveles óptimos de temperatura, precipitación y humedad relativa, afectan el desarrollo del cultivo e impactan directamente el rendimiento y en la incidencia y severidad de enfermedades (Távora, 2020). De acuerdo con Higuera (2015), las temperaturas por fuera del rango óptimo de 20 a 30°C pueden afectar tanto la emergencia de las flores como el llenado del racimo, así como en condiciones subóptimas de temperatura el ciclo de cultivo será más largo por la disminución en la tasa de crecimiento y por el aumento en la respiración. Además, los cambios de temperatura propician el desarrollo de plagas y enfermedades como la Sigatoka, mancha negra y otras plagas (Guarín, 2011; Yela et al., 2016). Por otra parte, el banano reporta gran sensibilidad al agua disponible en el suelo ya que las raíces al detectar un ligero déficit hídrico conllevan al cierre de estomas en las hojas para retener humedad, lo cual reduce la asimilación de carbono y como consecuencia la disminución de rendimiento (Thornton and Cramer, 2012). Por debajo del rango de precipitación óptimo de 1300 a 2600 mm por año, se puede disminuir la tasa de emergencia de las hojas, así como afectar el llenado y tamaño del racimo si ocurriera durante o después de la floración.

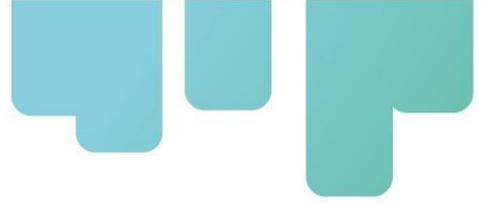
A pesar de la importancia de los factores abióticos y la variabilidad climática en las prácticas del cultivo de banano y plátano, muchos productores y técnicos de campo no los toman en cuenta, dejando de lado aspectos claves que inciden en la mejora de la producción del banano (Jiménez et al., 2013). En tal sentido, las tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en el sector agrícola y particularmente en el cultivo de banano, pueden consolidarse como un factor que permita potenciar la competitividad y productividad a través de la gestión de datos clave del sistema de manejo de cultivo. Aunque actualmente en el mercado de software y aplicativos, se identifican algunos programas que sirven para el cálculo de parámetros de crecimiento de cultivos o determinación de enfermedades en las plantaciones, estos aplicativos están referenciados principalmente a fuentes estadounidenses o europeas, y no son específicos para el cultivo de musáceas.

En línea con lo anteriormente expuesto, el proyecto **°AHoRa: aplicación para productores familiares de musáceas** generó una aplicación web-móvil, que permite mejorar la planificación y toma de decisiones de prácticas agronómicas en plantaciones de musáceas (plátano y banano) frente a la variabilidad climática, con énfasis en la agricultura familiar de Colombia, Perú y República Dominicana.



Esta App se presenta como una posibilidad y opción para mejorar la gerencia del cultivo, gracias al aumento del conocimiento científico y técnico sobre la influencia de los factores abióticos en el crecimiento del cultivo de banano, la ampliación de redes locales de estaciones meteorológicas y de dispositivos móviles con capacidades de captación de datos e intercambio en tiempo real.

La aplicación web/móvil **°AHoRa**, emplea datos captados de estaciones meteorológicas: temperatura, radiación solar, precipitación y evaporación potencial, para realizar algunas proyecciones del cultivo, como lo son: 1) tasa potencial de emisión de hojas, 2) tiempo promedio de floración a cosecha, con el fin de estimar el momento óptimo de cosecha, 3) peso potencial del racimo, 4) estimación de los nutrientes que deben ser restituidos al suelo luego de la cosecha, y 5) estimación de las necesidades hídricas del cultivo. La relación entre los cinco aspectos considerados en las ecuaciones antes nombradas busca que el productor conozca la capacidad de desarrollo de su plantación, identifique los problemas que afectan el cultivo y sobre todo que se corrijan oportuna y eficientemente.



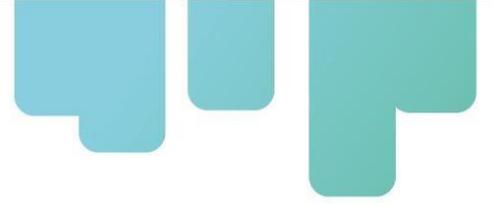
Objetivos

Objetivo general

Desarrollar una aplicación web – móvil que permita mejorar la planificación y toma de decisiones de prácticas agronómicas en plantaciones de musáceas (plátano y banano) frente a la variabilidad climática, con especial referencia en la agricultura familiar de Colombia, Perú y República Dominicana.

Objetivos específicos

1. Diseñar un aplicativo basado en modelos matemáticos que convierte datos locales meteorológicos y abióticos para realizar algunas proyecciones de rendimiento del cultivo.
2. Desarrollar un estudio de prueba para el aplicativo en Colombia, República Dominicana y Perú.
3. Elaborar un plan de negocios que contribuya a asegurar la sostenibilidad del aplicativo y a alcanzar a la mayor cantidad de usuarios finales.
4. Gestionar el conocimiento y vinculación de la aplicación a pequeños productores y asistentes técnicos de las regiones productoras de banano y plátano en Colombia, Perú y República Dominicana.



Metodología

Con el fin de alcanzar los objetivos propuestos se propusieron una serie de componentes, actividades y productos, para los cuales a continuación se detalla la metodología empleada para desarrollarlos.

COMPONENTE 1. DISEÑO DE UNA PLATAFORMA DE CÁLCULOS BASADA EN DATOS METEOROLÓGICOS Y ABIÓTICOS PARA REALIZAR PROYECCIONES DE RENDIMIENTO DEL CULTIVO.

Actividad 1.1. Formulación de la plataforma de cálculos y escenarios de uso

- **PRODUCTO 1.** Webinar del taller organizado de especialistas para formulación de la plataforma

Se realizó un taller técnico mediante una metodología participativa, involucrando equipos de las entidades ejecutoras y del Comité Asesor Voluntario Internacional - CAVI. El taller se desarrolló en 3 sesiones, la primera sesión se realizó el 20 de noviembre 2020, seguida de una sesión el 10 de diciembre 2020, donde se realizó la presentación y nivelación de conocimientos y una última sesión el 10 febrero 2021 donde el CAVI presentó la primera aproximación de los posibles indicadores para convertir datos de estaciones meteorológicas en parámetros de crecimiento de banana.

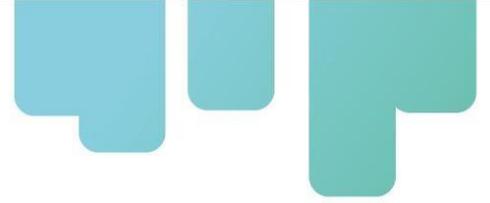
- **PRODUCTO 2.** Nota técnica sobre la plataforma de cálculos diseñada para generar indicadores de comportamiento de banano

Se diseñaron las ecuaciones matemáticas que integrarían la App °AHOra teniendo en cuenta el conocimiento científico previo y validado, que cuantifica la relación entre factores abióticos y el comportamiento de aspectos claves del cultivo de musáceas, lo cual fue complementado con el conocimiento científico de los investigadores de las entidades ejecutoras sobre crecimiento, desarrollo y rendimiento de los sistemas productivos de musáceas: AGROSAVIA, INIA e IDIAF, con la participación del comité asesor voluntario internacional (CAVI).

Actividad 1.2. Formulación de un plan de negocio.

- **PRODUCTO 3.** Monografía de la formulación del plan de negocio.

Mediante la aplicación del modelo CANVAS, se diseñaron algunas estrategias logísticas, de orden estructural, y se analizaron procesos y alcances de la aplicación °AHOra. El modelo de negocios CANVAS, describe la lógica de cómo una organización crea, entrega y captura valor, mediante el



uso de un lienzo con nueve segmentos: 1) Segmento de clientes, 2) Propuesta de valor, 3) Canales, 4) Relaciones con clientes, 5) Fuente de ingresos, 6) Recursos Clave, 7) Actividades clave, 8) Asociaciones clave, y 9) Estructura de costos.

Actividad 1.3. Realizar el taller inaugural del proyecto (Virtual).

- **PRODUCTO 4.** Nota técnica conteniendo la línea base sobre producción, métodos de monitoreo de comportamiento del cultivo en los tres países y uso de aplicativos similares en el mercado.

Mediante la aplicación y análisis de un cuestionario, se determinaron las características de los actores y los métodos que estos emplean para monitorear el comportamiento del cultivo de banano y plátano en cada país. En seguida se describe cada una de las etapas del proceso empleado para la recolección de esta información.

Recolección de información.

Colombia.

El sector bananero colombiano cuenta con diversos tipos de productores: pequeños productores (área sembrada hasta de 22 ha), medianos productores (área sembrada mayor a 22 ha y menor a 80 ha), y grandes productores (área mayor a 80 ha). Los productores de banano del país cuentan con distintas formas de organización, estando agrupados en gremios, comercializadoras, asociaciones o cooperativas, o productores independientes. En los departamentos del Magdalena y La Guajira en Colombia, zonas de influencia del proyecto °AHOra en Colombia, las áreas productivas de estos departamentos alcanzan 22.665 ha (MADR, DANE y Secretarías Municipales, 2019), hacen presencia principalmente dos gremios: AUGURA -Asociación de Bananeros de Colombia y ASBAMA -Asociación de Bananeros del Magdalena y La Guajira. Entre las compañías comercializadoras se encuentra Unibán, Banacol, C.I. Técbaco S.A., C.I. Banasan S.A., entre otras. En lo que respecta a las asociaciones se encuentran las cooperativas EMPREBANCOOP; COOBAMAG; COOMULBANANO; COOBAFRIO; ASOBANARCOOP, BANAFRUCOOP, y COODEBAN, etc. En la **Tabla 1**, se presenta un resumen del número de productores a los que beneficia el proyecto y las asociaciones a las que están vinculados. No obstante, esto no quiere decir que el aplicativo no tenga un potencial de adopción en medianos o grandes productores de estas mismas regiones y a futuro en otras regiones productoras de Colombia.

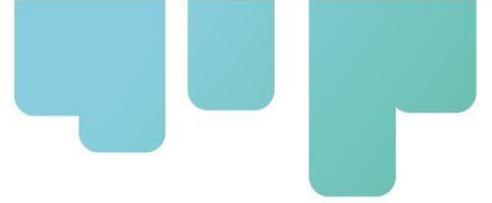
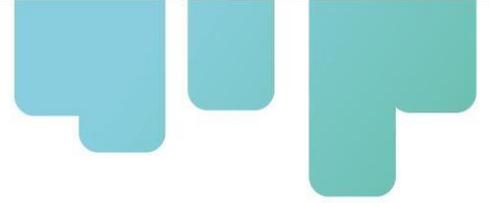


Tabla 1. Número de pequeños productores de banano y plátano.

Asociaciones de pequeños productores de banano	Ubicación	Productores por comercializadora		Total de productores en AUGURA
		BANASANA	UNIBAN	
Cooperativa de Pequeños Empresarios de Banano- EMPREBANCOOP	Orihueca-Magdalena	42	74	116
Cooperativa Multiactiva de Bananeros del Magdalena- COOBAMAG	Guacamayal - Magdalena	95		95
Cooperativa Multiactiva de Bananeros de Orihueca- COOMULBANANO	Orihueca-Magdalena	46	86	132
Cooperativa Bananera De Rio Frio - COOBAFRIO	Riofrio-Magdalena	15	54	69
Cooperativa de Pequeños productores de Río Frío - ASOBANARCOOP	Riofrio-Magdalena		44	44
Cooperativa de productores de banano del Magdalena- BANAFRUCOOP	Santa Marta-Magdalena	33	4	37
Cooperativa de Bananeros de Río Frío- COODEBAN	Riofrio-Magdalena		10	10
Pequeños productores Independientes	Magdalena	19		19
TOTAL DE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE BANANO				522

	Ubicación	Número de productores
Pequeños productores de plátano	La Guajira	187

Fuente: (Elaboración propia).



Después de la identificación general de los actores en la cadena de valor de productores de musáceas de Magdalena y La Guajira, se planteó la delimitación de un marco muestral de actores mediante la aplicación de la fórmula estadística de estimación de muestras en conjuntos finitos descrita por Martínez (2018) (ecuación 1).

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{[(N-1) * e^2] + (Z^2 * p * q)} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

n: Es el tamaño de la muestra o marco muestral a seleccionar.

N: La población o conjunto total de actores identificados por país. Para el caso de Colombia estuvo representada por 522 productores de banano y 187 productores de plátano, para un total de 709 productores.

Z: Distribución del nivel de confianza elegido, 0,95 %.

e: El margen de error en escala porcentual, 5 %.

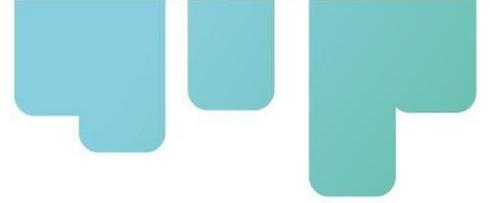
p: La variabilidad negativa, 50 %.

q: La variabilidad positiva, 50 %.

$$n = \frac{709 * 0,95^2 * 0,5 * 0,5}{[(709-1) * 0,05^2] + (0,95^2 * 0,5 * 0,5)} = 80,16 \text{ productores por encuestar}$$

La delimitación del marco muestral en la cadena de valor de musáceas para el estudio de Colombia, además de permitir la identificación de actores relevantes en la cadena, es un cálculo de apoyo para acotar el universo de actores que se priorizaron para la aplicación de herramientas de captura de información primaria, tales como encuestas y entrevistas, y la gestión de su participación en talleres y grupos focales (Van Der Heyden & Camacho, 2006).

Para la obtención de los datos necesarios para la clasificación de los agricultores de banano y plátano de los departamentos de Magdalena y La Guajira, se definió y aplicó una encuesta estructurada, la cual tuvo un total de 102 variables distribuidas en siete componentes: 1) información básica del encuestado (9 preguntas), 2) específica del miembro directivo (23 preguntas), 3) específico técnico (15 preguntas), 4) específico productor (14 preguntas), 5) registros del cultivo y uso de datos climáticos en las zonas seleccionadas (15 preguntas), 6) disponibilidad de TIC's por parte del encuestado en las zonas seleccionadas (15 preguntas) y 7) estrategias para la mejora continua y Benchmarking (11 preguntas) (**Anexo 1**). En total se encuestaron 68 personas (45 productores, 19 técnicos y 4 miembros directivos de asociaciones) que abarcan aproximadamente el 10% de la población focal (709 personas).



La aplicación de las encuestas se realizó bajo dos técnicas de recolección de información: grupal y personalizada. La primera, se desarrolló con grupos de productores miembros de asociaciones; la segunda, se realizó directamente en predios con cada productor, y en ambas, el diligenciamiento estuvo bajo la dirección de personal Agrosavia, C.I. Caribia.

Perú:

Las zonas productoras de banano orgánico en la costa norte de Perú se encuentran ubicadas en la región de Tumbes, Piura, Lambayeque y la Libertad; siendo la región Piura la que tiene la mayor área de producción, con 9.293.00 hectáreas (DRAP, 2017).

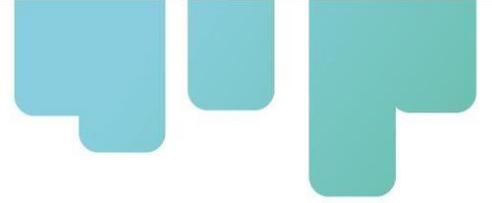
En la costa norte, las zonas productoras de banano orgánico se encuentran ubicados en la región de Tumbes, Piura, Lambayeque y la Libertad; siendo la región Piura la que tiene 9.293,00 hectáreas (DRAP, 2017) siendo la mayor área de producción.

La exportación de banano en Perú está dirigida a cubrir los mercados de USA, Europa (Alemania, Holanda, Inglaterra, Bélgica) y Asia (Japón, Korea). Las áreas de producción promedio por productor en la región Piura es de 0,5 a 2 ha. En los últimos tres años, las nuevas áreas de expansión están registrando un área mayor a las 20 ha que en su mayoría corresponden a inversiones de empresas.

El 14% del PBI agrícola está representada por la actividad de exportación de banano orgánico en la región Piura, siendo uno de los cultivos que genera una alta rentabilidad. En el año 2020, el valor de las exportaciones de banano orgánico fue de US\$155,3 millones (FOB) aproximadamente, y la tendencia para los siguientes años es de crecimiento debido a una demanda mundial por la apertura de nuevos mercados orgánicos. No obstante, la producción de banano orgánico de la región tiene limitaciones tecnológicas que no permiten optimizar un mejor potencial productivo.

Si bien es cierto, en los últimos 10 años se ha tenido un crecimiento en los volúmenes de producción y exportación, estos se han visto sostenidos por el crecimiento en las áreas de cultivo de banano orgánico de exportación, ya sea por la siembra de nuevas áreas de cultivo o por la incorporación de áreas de producción convencional a la producción orgánica de exportación.

Sin embargo, los promedios de productividad por hectárea lejos de incrementarse, presentan una tendencia a la baja, como resultado de diversos factores relacionados con el manejo de la producción en campo, plagas emergentes (Thrips de la mancha roja, escamas, arañita roja), cambio climático (reducción de las temperaturas mínimas afectan el desarrollo vegetativo lo que ocasiona el “arrepollamiento”), deficiente manejo del agua para riego (estrés hídrico), nutrición ineficiente, deficiencias en los procesos de cosecha y post cosecha (incremento de la fruta descartada) y disponibilidad limitada de material de propagación de calidad genética y

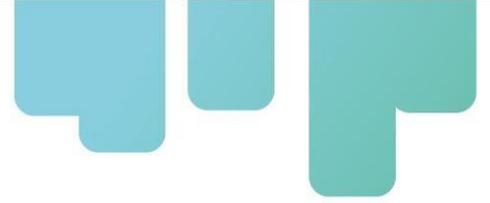


fitosanitaria, que si bien existe una oferta de plantas de meristemo, su alto precio no es accesible para el pequeño productor que sigue utilizando hijuelos con un alto riesgo de enfermedades y limitaciones genéticas en producción. Los productores de banano orgánico de la región Piura se caracterizan por presentar áreas entre 0,25 a 1,5 ha, los cuales están agrupados en organizaciones (asociaciones o cooperativas), siendo las principales organizaciones: AVACH, APBOSMAM, APPBOSA, COPAG entre otras, superando las 50 organizaciones (**Tabla 2**).

Tabla 2. Número de pequeños productores de banano orgánico en el Perú.

N°	Siglas	Provincia	Distrito	Región	N° de Socios	N° de Área (ha)
1	APBOSMAM	Sullana	Marcavelica	Piura	450	460
2	CAPPO	Sullana	Querecotillo	Piura	180	220
3	RIO Y VALLE	Sullana	Sullana	Piura	361	290
4	CAPEBOSAN	Sullana	Miguel Checa	Piura	382	325
5	ASPRAOSRA	Morropón	Buenos Aires	Piura	182	256
6	AVACH	Sullana	Querecotillo	Piura	350	280
7	COOPAG	Sullana	Ignacio Escudero	Piura	168	167
8	UBOIC	Sullana	Bellavista	Piura	137	125
9	CAPO AMPBAO	Sullana	Sullana	Piura	280	250
10	Coop. Señor de Chocan de San Vicente de Piedra	Sullana	Querecotillo	Piura	150	100
11	COOPABOH	Sullana	Sullana	Piura	145	95
12	APBOSA MALLARES	Sullana	Marcavelica	Piura	559	700
13	APOQ	Sullana	Querecotillo	Piura	620	410
14	Cooperativa de Usuarios Agro. San Lorenzo	Piura	Tambogrande	Piura	31	50
15	Otras organizaciones				5805	5772
TOTAL					9800	9500

Fuente: Elaboración propia.



Después de la identificación general de actores en la cadena de valor de productores de musáceas de Piura, se planteó la delimitación de un marco muestral de actores basados en el trabajo desarrollado por el Proyecto Fontagro titulado “Escalonamiento tecnológico en banano orgánico”. La aplicación de las encuestas se realizó a productores y técnicos, bajo la técnica de recolección de información personalizada desarrollada directamente en las parcelas de los encuestados y realizado por personal de la estación Experimental El Chira del INIA. A continuación, se detalla información relevante las encuestas aplicadas a cada grupo.

Productores: Se aplicó una encuesta estructurada que tuvo un total de **89 variables**, distribuidas en siete componentes que fueron: **1)** información básica del encuestado (9 preguntas), **2)** Área de producción (11 preguntas), **3)** Uso de celular e internet (22 preguntas), **4)** registro productivo y financiero de la finca (15 preguntas), **5)** estrategias para la mejora continua y Benchmarking (20 preguntas), **6)** registros y uso de datos climáticos en las zonas seleccionadas (12 preguntas). La encuesta la contestaron **50 productores**.

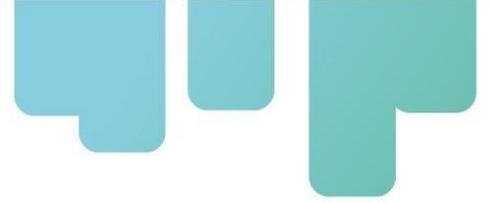
Técnicos: Se aplicó una encuesta estructurada que tuvo un total de **75 variables**, distribuidas en siete componentes que fueron: **1)** información básica del encuestado (11 preguntas), **2)** Uso de celular e internet (24 preguntas), **3)** registro productivo y financiero de la finca (16 preguntas), **4)** estrategias para la mejora continua y Benchmarking (14 preguntas), **5)** registros y uso de datos climáticos en las zonas seleccionadas (10 preguntas). La encuesta la contestaron **16 técnicos**.

República Dominicana:

La producción de plátano y banano es de gran importancia en la seguridad alimentaria, creación de empleo y en la generación de divisas de la República Dominicana. A la producción de banano se destinan 27.000 hectáreas con la participación de más de 2.200 productores, mientras que en la de plátano, se emplean unas 53.000 hectáreas con unos 50 mil productores, que generan miles de empleos directos e indirectos. A pesar de la importancia de ambos rubros, el presente diagnóstico solo se refiere al sistema productivo del cultivo de banano, por ser el interés principal en este proyecto en República Dominicana.

Con el fin de recopilar información para este estudio de línea base del proyecto, se identificaron dos principales actores a caracterizar: **1)** productores familiares de banano orgánico, y **2)** técnicos en contacto directo con los y las productores en funciones de certificación, control de calidad y proceso, asistencia técnica y apoyo en insumos. Por cada grupo se definió y aplicó una encuesta estructurada, cuyas características se muestran a continuación:

Productores: Se aplicó una encuesta estructurada que tuvo un total de **89 variables**, distribuidas en siete componentes que fueron: **1)** información básica del encuestado (9 preguntas), **2)** Área de producción (11 preguntas), **3)** Uso de celular e internet (22 preguntas), **4)** registro productivo y financiero de la finca (15 preguntas), **5)** estrategias para la mejora continua y Benchmarking (20



preguntas), **6)** registros y uso de datos climáticos en las zonas seleccionadas (12 preguntas). La encuesta la contestaron **50 productores**. En la **Tabla 3**, se muestra la distribución de los productores encuestados según la asociación a la que pertenecen.

Tabla 3. Distribución de productores en la muestra según su Asociación

Asociación	%
ASEXBAM	10
ASOARAC	2
Banelino	69
La Santa Cruz	17
Top Fruit	2

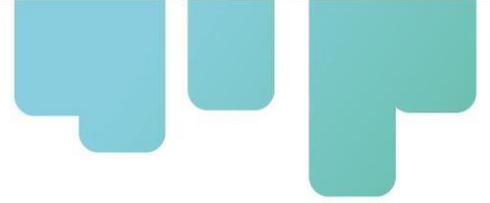
Técnicos: Se aplicó una encuesta estructurada que tuvo un total de **75 variables**, distribuidas en siete componentes que fueron: **1)** información básica del encuestado (11 preguntas), **2)** Uso de celular e internet (24 preguntas), **3)** registro productivo y financiero de la finca (16 preguntas), **4)** estrategias para la mejora continua y Benchmarking (14 preguntas), **5)** registros y uso de datos climáticos en las zonas seleccionadas (10 preguntas). La encuesta la contestaron **12 técnicos**.

Análisis de la información recolectada

Después de recopilar la información, se realizó la tabulación, procesamiento, análisis e interpretación de resultados. La categorización y selección de variables se realizó para el total de las variables contempladas mediante un análisis exploratorio (distribución de frecuencias), de allí se escogieron aquellas que permitieran definir tipologías de productores de acuerdo con el nivel de adopción tecnológica. Posteriormente, se procedió con la caracterización de tipologías de productores de musáceas mediante un análisis de correspondencia múltiple (ACM) (Der y Everiff, 2001), a través del cual se identificaron las variables, dimensiones y categorías que describen al sistema productivo.

Finalmente, se realizó un análisis de conglomerados (Der y Everiff, 2001), el cual permitió agrupar los agricultores a partir de las variables con respuestas homogéneas, en tipologías de productores diferenciados. Estos análisis multivariados fueron desarrollados a través del software R.

Luego, se realizó el análisis de correspondencia múltiple con el software estadístico R, función MCA método de Burt para seleccionar las variables que más aportan al modelo. Finalmente, con las variables seleccionadas se realizó el dendograma a través de Hierarchical Clustering on Principal Components (HCPC) con el método de Ward y se realizó un análisis multivariado por



componentes principales, el cual, se basa en el teorema de Huygens que permite descomponer la inercia total (varianza total) entre y dentro de la varianza del grupo. El método de Ward consiste en agregar dos grupos de manera que el crecimiento de la inercia sea mínimo (en otras palabras, minimiza la reducción de la inercia intermedia) en cada paso del algoritmo. La inercia interna caracteriza lo homogéneo de un grupo y la jerarquía está representada por un dendrograma que está indexado por la ganancia de inercia (Huso *et al.* 2010).

Con el objetivo de identificar tendencias en investigación en el entorno mundial relacionadas con aplicativos (modelos, software) para la predicción de rendimiento en cultivos empleando datos meteorológicos, se realizó un estudio de vigilancia científica, cómo herramienta para la gestión de información.

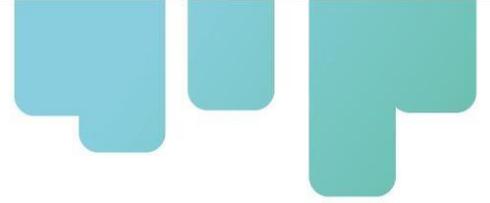
La base de referencia a partir de la cual se generó el análisis fue la base de datos Scopus. Para la descarga de registros se utilizó una ecuación de búsqueda que comprendió palabras clave relacionadas con los temas de predicción de rendimiento, factores agrometeorológicos y aplicaciones o software. Para esta búsqueda sólo se tuvo en cuenta publicaciones que pertenecen a la categoría de artículos científicos, con lo que se analiza su dinámica y actividad para el periodo desde 2016 hasta junio de 2021.

La ecuación de búsqueda, empleada en primera instancia fue la siguiente:

```
( TITLE ( ( model* OR calcul* OR estimat* OR app OR software OR android OR ios OR simulation ) AND ( water OR irrigation OR nutrient OR fertiliz* OR evaporation OR humidity OR temperature OR rainfall OR agrometeorolog* OR meteorolog* OR soil OR Agroclimatology ) AND ( "yield forecasting" OR "yield prediction" OR "yield estimation" OR "yield simulation" OR "Crop simulation model", OR "crop management", OR "crop harvest" ) AND ( musa*, banana, Plantain ) ) OR ABS ( ( model* OR calcul* OR estimat* OR app OR software OR android OR ios ) AND ( water OR irrigation OR nutrient OR fertiliz* OR evaporation OR humidity OR temperature OR rainfall OR agrometeorolog* OR meteorolog* OR soil ) AND ( "yield forecasting" OR "yield prediction" OR "yield estimation" OR "yield simulation" ) ) ) AND PUBYEAR > 2015 AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) )
```

No obstante, debido al bajo número de registros encontrados (6 artículos), lo cuales fueron específicos para el cultivo de banano, se decidió ampliar la búsqueda e integrar información de modelos empleados en otros cultivos pero que podían ser aplicables o servir de referencia para el cultivo de banano. De esta manera la ecuación quedó conformada de la siguiente forma:

```
( TITLE ( ( model* OR calcul* OR estimat* OR app OR software OR android OR ios ) AND ( water OR irrigation OR nutrient OR fertiliz* OR evaporation OR humidity OR temperature OR rainfall OR agrometeorolog* OR meteorolog* OR soil ) AND ( "yield forecasting" OR "yield prediction" OR "yield estimation" OR "yield simulation" ) ) OR ABS ( ( model* OR calcul* OR
```



estimat OR app OR software OR android OR ios) AND (water OR irrigation OR nutrient OR fertiliz* OR evaporation OR humidity OR temperature OR rainfall OR agrometeorolog* OR meteorolog* OR soil) AND ("yield forecasting" OR "yield prediction" OR "yield estimation" OR "yield simulation")) AND PUBYEAR > 2015 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar"))*

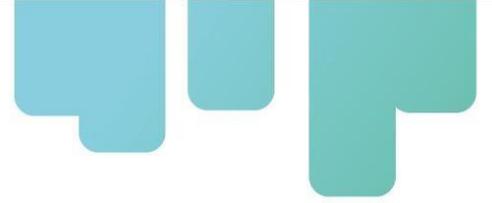
Los registros vinculados a la ecuación fueron recuperados para conformar la base de datos o corpus a analizar, el cual para el presente caso comprendió 711 registros más los 6 registros iniciales, es decir 717. A partir de este corpus se realizó una revisión del título y resumen de cada uno de los artículos, con el fin de clasificarlos en muy pertinentes, pertinentes, posiblemente pertinentes y descartados, teniendo en cuenta los siguientes criterios: 1. uso de datos meteorológicos; 2. predicción de rendimiento o de crecimiento; 3. documento soporte de una aplicación. De esta manera se preseleccionaron 200 registros (clasificados en muy pertinentes y pertinentes).

Análisis cuantitativo: A los registros preseleccionados se les realizó un análisis cuantitativo que incluyó: i) indicadores de actividad y cuantitativos del objeto de estudio, ii) indicadores de coocurrencia, y iii) mapa temático de tendencias. Para la elaboración de mapa temático de tendencias se utilizó como herramienta el software libre con interfaz web Bibliometrix®, el cual permitió generar indicadores cuantitativos y la identificación de tendencias representadas en un mapa con tópicos relevantes.

Aplicativos o modelos similares en el mercado: Con el fin de obtener información más detallada de los aplicativos o modelos que reportan los artículos preseleccionados, se procedió a conseguir la versión completa de los artículos. De esta manera se encontró que: 1) No estaba disponible la versión completa de 28 artículos y 2) en 14 artículos no se nombraba una aplicación o modelo en particular, por lo que se descartaron. Finalmente se emplearon 158 artículos para realizar el análisis de los aplicativos o modelos

- **PRODUCTO 5.** Webinar del taller de arranque del proyecto.

El 18 de febrero de 2021 se realizó virtualmente, a través de la plataforma Cisco Webex, el taller de arranque del proyecto, donde se dio a conocer las actividades a realizar, la inversión, e impacto del proyecto con el fin de vincular actores claves y los principales beneficiarios (Productores Agropecuarios, Asistentes y/o Extensionistas agropecuarios, Gremios, Comunidad Académica y demás actores interesados de Colombia, Perú, República Dominicana).



Actividad 1.4. Estudio para el diseño de la versión inicial de la aplicación

- **PRODUCTO 6.** Monografía de diseño técnico de la aplicación.

Se realiza una descripción de los algoritmos empleados para la construcción de la aplicación °AHOra. El objetivo de este documento es ilustrar e informar a las personas encargadas de mantener la prestación del servicio de la aplicación °AHOra y en general al público interesado, acerca de los aspectos técnicos involucrados en el desarrollo de la aplicación, es decir, la estructura y conformación del sistema, con el fin de asegurar la transferencia de conocimiento y servir de soporte o insumo para realizar modificaciones o actualizaciones al sistema en general.

COMPONENTE 2. DESARROLLAR UN ESTUDIO PARA LA VERSIÓN DEMO, CON FUNCIONALIDADES GENERALES.

Actividad 2.2. Desarrollo de un estudio para la versión Demo de la aplicación

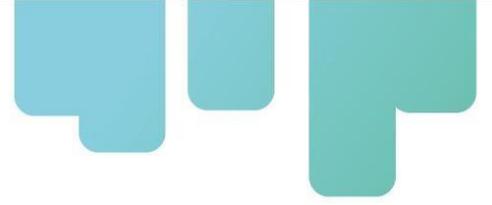
- **PRODUCTO 7.** Manual operativo de la aplicación en su versión Demo.

Se diseñó una guía básica de uso de la App °AHOra versión Demo 1.0. Este manual brinda al usuario final la información necesaria para facilitar la navegación en el aplicativo por las funciones que ofrece.

Actividad 2.3. Estudio de prueba de la aplicación Demo en campos de productores.

- **PRODUCTO 8.** Talleres de capacitación realizados para mostrar el manejo de la aplicación a los productores en las zonas de prueba.

Se realizaron 13 talleres con los productores y técnicos presenciales (seis en Colombia, tres en República Dominicana y cuatro en Perú), en donde se socializó la aplicación °AHOra en su versión Demo y se brindó información acerca de la importancia y forma de navegación en el aplicativo, por las cinco (5) funciones que ofrece: 1) tasa potencial de emisión de hojas, 2) tiempo promedio de floración a cosecha, 3) peso potencial del racimo, 4) estimación de los nutrientes que deben ser restituidos al suelo luego de la cosecha, y 5) estimación de las necesidades hídricas del cultivo. Durante estos talleres se recogió información valiosa acerca de la percepción por parte de los asistentes en cuanto a la utilidad de la aplicación, facilidad de navegación, sugerencias de mejoras o modificaciones, e interés en usarla. Esta información será tenida en cuenta posteriormente en la versión final del aplicativo °AHOra.



- **PRODUCTO 9.** Encuestas realizadas sobre la modalidad en que productores y técnicos integran la versión Demo en el análisis del manejo de sus campos de banano.

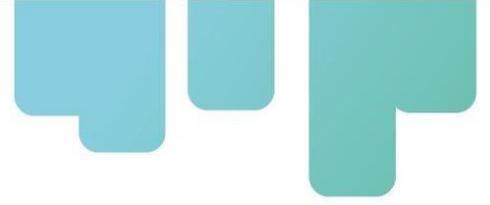
Con el fin de determinar cómo los productores y técnicos de las zonas de influencia en cada uno de los tres países participantes del proyecto, integran la versión demo del aplicativo °AHOra en el manejo de sus cultivos y conocer cuál es su percepción sobre la utilidad de este, se llevó a cabo un ejercicio que constó de tres fases:

- Fase 1: Selección de productores y técnicos

Entre julio del 2021 y febrero de 2022, se realizaron 13 talleres presenciales (seis en Colombia, tres en República Dominicana y cuatro en Perú), con el fin de presentar la versión Demo 1.0 del aplicativo a productores, técnicos y directivos interesados, los cuales pertenecen a diferentes asociaciones o cooperativas de banano y plátano presentes en las zonas de influencia del proyecto °AHOra (los departamentos del Magdalena y La Guajira en Colombia, Valle Occidental en la Línea Noroeste de República Dominicana y el Departamento de Piura en Perú). En estos encuentros se socializó con 334 personas (136 en Colombia, 124 en República Dominicana y 74 en Perú) la aplicación °AHOra en su versión Demo 1.0.

Específicamente, se dieron a conocer las funciones que presta el aplicativo, la importancia de la información reportada, y la forma de navegación por la App. Mediante una metodología de discusión participativa y aplicación de una encuesta estructurada al finalizar cada taller, se conoció la percepción por parte de los asistentes acerca de la utilidad de la aplicación, facilidad de navegación, sugerencias de mejoras o modificaciones, e interés en usar la App. Entre los comentarios realizados se encontraron: usar un lenguaje menos técnico, más puntual y sencillo; ajustar el tamaño de letra y colores; agregar elementos menores a los resultados de la ecuación que estima los nutrientes que deben ser restituidos al suelo luego de la cosecha; presentar en términos de semanas calendario los resultados del tiempo promedio de floración y cosecha; entre otros comentarios. Las sugerencias realizadas en estos talleres permitieron mejorar la App y obtener la versión Demo 2.0. Para mayor detalle de los encuentros realizados con los productores y técnicos, se puede consultar el producto 8 “Talleres de capacitación realizados para mostrar el manejo de la aplicación a los productores en las zonas de prueba”, disponible en la página de Fontagro.

Una vez finalizada la actividad de socialización de la versión Demo 1.0, se seleccionaron algunos de los productores y técnicos que participaron en estos talleres para que hicieran uso de la versión Demo 2.0 en campo. Los criterios de selección fueron: 1) Cercanía a alguna de las estaciones que están enlazadas al aplicativo, 2) Contar con internet y Smartphone, e 3) interés por parte del usuario en participar del ejercicio.



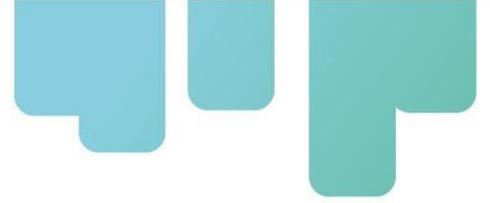
- Fase 2: Uso del aplicativo

En **República Dominicana** se organizaron cinco grupos, conformados por: Tres a cuatro productores, un investigador y un técnico de la asociación a la que pertenecen. En total participaron 32 personas (22 productores, cinco técnicos y cinco investigadores). Cada grupo estaba ubicado cerca de una estación meteorológica: 1) **Amina Banelino**- Provincia Valverde, 2) **Hatillo Palma- MonteCristi**, 3) **Juliana Jaramillo- MonteCristi**, 4) San Isidro Banelino- en la laguna salada de la Provincia Valverde, y 5) **La Caída Banelino- Montecristi**.

Con cada grupo se realizaron cinco encuentros. En la primera reunión se explicó la metodología de toma de datos de la tasa de emisión de hojas (función uno de la App). Enseguida se programó una reunión 15 días después, en la cual los productores y técnicos presentaron los datos colectados sobre la tasa de emisión de hojas y se comparó con lo que reportaba el aplicativo. Al finalizar el segundo encuentro, se explicó la segunda función de la App (periodo de floración a cosecha), y se programó una tercera reunión 15 días después para mirar los datos colectados. De esta manera, se continuó realizando un encuentro cada 15 días, hasta revisar y analizar una a una, las cinco funciones que brinda la App. En cada reunión se observaron los datos colectados, se compararon con la App, se analizó el efecto del clima u otro factor que pudiera afectar lo que reportaba el aplicativo vs la realidad y se asignaba una tarea relacionada a una de las ecuaciones para el siguiente encuentro. Durante el tiempo que se dejaba para tomar datos de una de las ecuaciones, se realizaban visitas de seguimiento a algunos de los productores.

En el caso de **Perú** se llevó a cabo una reunión con 20 productores seleccionados, los cuales se encontraban cerca de la estación ubicada en la asociación ASPROBO, para hacer uso del aplicativo durante dos meses. En esta reunión se mostró el uso del aplicativo y el fundamento de las ecuaciones. Semanalmente, se realizó una visita a algunos de los productores, con el fin de revisar el funcionamiento del aplicativo y se comparó con los datos de campo tomados. Al finalizar la visita, se realizó una discusión donde los productores compartían sus percepciones frente al aplicativo, su funcionalidad y se evaluó la exactitud de los datos reportados por la App frente a los datos reales obtenidos en campo, con el fin de mejorar la App.

Para **Colombia**, se seleccionaron 18 técnicos y siete productores, para que hicieran uso del aplicativo durante dos meses. Inicialmente se hizo una visita a cada uno de los 25 participantes, los cuales se encontraban cerca de la estación meteorológica ubicada en el municipio de Sevilla. Se les explicó a los participantes la forma de usar el aplicativo y se les compartió un video tutorial ([Tutorial App °AHOra - YouTube](#)), para que tuvieran una fuente de consulta rápida en caso de requerirlo. Semanalmente, se hizo una visita a algunos participantes con el fin de corroborar el uso del aplicativo y resolver las posibles dudas que se hubieran presentado.



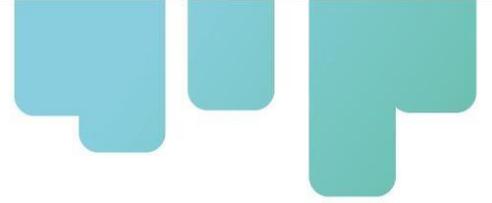
- Fase 3. Aplicación y análisis de la encuesta

Al finalizar el uso del aplicativo en el tiempo estipulado, con las personas seleccionadas en cada una de las zonas de prueba en los tres países, se aplicó una encuesta tipo Likert de cuatro puntos, siendo 4 “el nivel más alto” y 1 “el nivel más bajo”.

La encuesta contó con 32 preguntas, distribuidas por cada una de las funciones que ofrece el aplicativo, así:

- **FUNCIÓN 1:** Tasa potencial de emisión de hojas (3 preguntas)
 - **FUNCIÓN 2.1:** Semanas de floración a cosecha- fecha aproximada en que ocurrió la floración (5 preguntas)
 - **FUNCIÓN 2.2:** Semanas de floración a cosecha- fecha aproximada en que se debe cosechar (5 preguntas)
 - **FUNCIÓN 3.1:** Peso potencial de racimo- con el fin de verificar el peso alcanzado (4 preguntas)
 - **FUNCIÓN 3.2:** Peso potencial de racimo-con el fin de proyectar la productividad del cultivo (4 preguntas)- solamente para el caso de la versión de la App en Perú y Colombia.
 - **FUNCIÓN 4:** Demanda de nutrientes (3 preguntas)
 - **FUNCIÓN 5:** Demanda de agua y riego (3 preguntas)
 - **PREGUNTAS GENERALES** (5 preguntas).
- **PRODUCTO 10.** Base de datos de validación de cálculos, enfocada en indicadores de productividad del banano.

En las regiones productoras de banano y plátano en Colombia, y de banano orgánico en Perú y la Republica Dominicana se llevó a cabo un proceso de validación de la aplicación °AHOra. Para el proceso de validación en la Republica Dominicana, se organizaron cinco grupos de cuatro productores en las cercanías de cinco estaciones meteorológicas. En el caso de Perú y Colombia, se seleccionaron parcelas experimentales en cada una de las regiones productoras. En los tres países se registraron datos *in situ* sobre emisión foliar, duración en semanas de floración a cosecha, peso de racimo, nutrientes y frecuencia de riego. Paralelamente a la caracterización de los indicadores de cultivo propuestos, mediante el uso de la aplicación °AHOra se estimó, para las mismas fechas de evaluación en campo: la tasa potencial de emisión de hojas y fecha óptima de cosecha en función de la acumulación de grados día, peso potencial de racimo en función de la radiación solar incidente, cantidades de nutrientes a reponer en función de la extracción de nutrientes y la productividad, y requerimientos hídricos a partir del balance hídrico.



Actividad 2.4. Estudio para el desarrollo de mejoras de la aplicación Demo y del plan de negocio.

- **PRODUCTO 11.** Manual operativo actualizado de la aplicación en su versión Demo

Se diseñó una guía básica de uso de la App °AHOra versión Domo 2.0. Este manual brinda al usuario final la información necesaria para facilitar la navegación en el aplicativo por las cinco funciones que ofrece.

- **PRODUCTO 12.** Monografía conteniendo la actualización del plan de negocio para la aplicación

Se actualizó el modelo de negocios CANVAS y se desarrolló del plan de negocios, el cual es un estudio con mayor profundidad que complementa el modelo de negocios CANVAS, y que implica profundizar en los siguientes aspectos: 1. Plan estratégico, 2. Plan de mercado y marketing, 3. Plan operativo, 4. Plan de gestión y de recursos humanos, y 5. Plan económico – financiero. En este documento se desarrollaron dos de los primeros aspectos que considera el plan de negocios, es decir el Plan estratégico y Plan de mercado y marketing.

- **PRODUCTO 13.** Webinar sobre modificación de la plataforma de cálculos y la aplicación versión Demo, basado en datos de validación

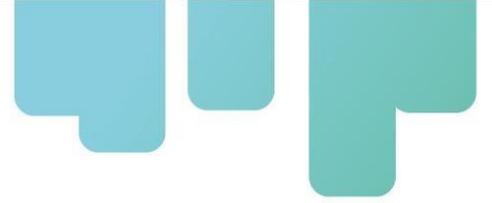
Se realizó un taller mediante metodología participativa, involucrando equipos de las entidades ejecutoras y del Comité Asesor Voluntario Internacional - CAVI. Con el fin de optimizar recursos financieros se organizó la participación virtual de especialistas que se encuentran en diferentes países. El Seminario - taller constó de tres sesiones: Una sesión virtual el 5 de agosto y dos sesiones presenciales el 22 y 23 de agosto de 2022. En cada sesión se presentaron, analizaron y discutieron los datos tomados en campo y se compararon con la información arrojada por la App, todo ello con el objetivo de determinar si es necesario realizar algún ajuste en la plataforma de cálculos.

COMPONENTE 3. PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO DEL APLICATIVO.

Actividad 3.1. Estudio para el desarrollo de la aplicación en su versión Pro

- **PRODUCTO 14.** Manual operativo de la aplicación en su versión Pro.

Se diseñó una guía básica de uso de la App °AHOra versión Domo Pro. Este manual brinda al usuario final la información necesaria para facilitar la navegación en el aplicativo por las cinco (5)



funciones que ofrece. Debido a las condiciones particulares de los sistemas productivos, por cada uno de los países participantes del proyecto, se generó una versión de la App, la cual está ajustada a las características propias de cada zona, como la disponibilidad y acceso al agua, el manejo de la fertilización, entre otras, permitiendo así generar estimaciones apropiadas.

Actividad 3.2. Presentación oficial de en cada país.

- **PRODUCTO 15.** Taller organizado de lanzamiento del aplicativo en cada país.

Se realizaron un serie de eventos con productores y técnicos de las zonas de estudio en Colombia, Perú y República Dominicana, en donde se socializó la aplicación °AHOra y se brindó información acerca de la importancia y forma de navegación en el aplicativo por las cinco funciones que ofrece: 1) tasa potencial de emisión de hojas, 2) tiempo promedio de floración a cosecha, 3) peso potencial del racimo, 4) estimación de los nutrientes que deben ser restituidos al suelo luego de la cosecha, y 5) estimación de las necesidades hídricas del cultivo.

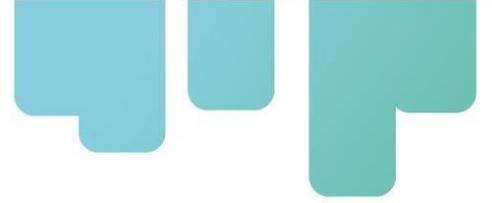
Actividad 3.3. Estudio de monitoreo de la experiencia de los usuarios con la aplicación

- **PRODUCTO 16.** Base de datos de la experiencia de usuarios de la aplicación de acuerdo con las pruebas de la versión Demo y Pro.

Con el fin de asegurar que los productores adapten y adopten la aplicación °AHOra versión pro, se llevó a cabo un periodo de uso de la App por parte de un grupo de productores y técnicos seleccionados en cada país. Al final de este periodo, se aplicó una encuesta estructurada tipo Likert y se realizó un análisis básico descriptivo.

- **PRODUCTO 17.** Monografía de la versión final del plan de negocios.

Se expone la versión final del modelo CANVAS y del plan de negocios con los cinco aspectos tratados (1. Plan estratégico, 2. Plan de mercado y marketing, 3. Plan operativo, 4. Plan de gestión y de recursos humanos, y 5. Plan económico – financiero). Con los planteamientos realizados en el documento, se espera minimizar los riesgos y disminuir la incertidumbre del futuro de la App en Colombia, Perú y República Dominicana.



Resultados

A continuación, se reportan los resultados más relevantes obtenidos durante el desarrollo del proyecto °AHOra, vale la pena resaltar, que, debido al alto número de productos comprometidos, la información presentada es lo más sucinta posible y está organizada por los tres componentes, las principales actividades y los productos.

COMPONENTE 1. DISEÑO DE UNA PLATAFORMA DE CÁLCULOS BASADA EN DATOS METEOROLÓGICOS Y ABIÓTICOS PARA REALIZAR PROYECCIONES DE RENDIMIENTO DEL CULTIVO.

Actividad 1.1. Formulación de la plataforma de cálculos y escenarios de uso

- **PRODUCTO 1.** Webinar del taller organizado de especialistas para formulación de la plataforma

El taller permitió definir que las variables de entrada para el aplicativo °AHOra sería: temperatura, precipitación, radiación solar y humedad relativa. Las variables de respuesta o salida serían: tasa potencial de emisión de hojas, tasa potencial desarrollo racimo, peso potencial racimo, evapotranspiración y demanda potenciales de nutrientes en función de biomasa.

- **PRODUCTO 2.** Nota técnica sobre la plataforma de cálculos diseñada para generar indicadores de comportamiento de banano

Se diseñó una plataforma de cálculos que se basa en modelos matemáticos que toman datos de las estaciones meteorológicas para predecir y/o estimar indicadores de productividad y sostenibilidad. En la siguiente tabla (**Tabla 4**) se presentan los cinco indicadores propuestos por la App, los datos meteorológicos y conocimiento científico previo necesario para realizar el cálculo, y la importancia del indicador. Así mismo en la **Tabla 5** se resume la ecuación que se aplica para obtener el cálculo.

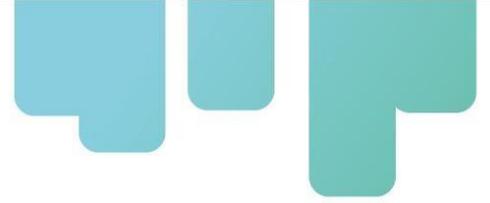


Tabla 4. Funciones que ofrece la App °AHoRa

Indicador	Datos de la estación meteorológica	Conocimiento previo del comportamiento del cultivo	Importancia del cálculo
Tasa de emisión de hojas	Temperatura promedio diaria Acumulación de grados día (GD)	Número de GD requeridos para la emisión de una hoja (108 GD)	Indicativo de la salud y buen estado de desarrollo del cultivo.
Duración del período entre floración y cosecha	Temperatura promedio diaria Acumulación de grados día (GD)	Número de GD requeridos desde la floración a la cosecha (900 GD)	Asegurar que se alcance el grado de madurez aceptable por el mercado y con ello cosechar en el momento adecuado.
Peso potencial de racimo	Radiación solar Temperatura promedio diaria Acumulación de grados día (GD)	Tasa de conversión de la radiación interceptada en biomasa seca (1,5 g/MJ)	Conocer el peso del racimo de acuerdo con el potencial que se puede alcanzar, lo cual está sujeto, entre otras cosas, a las condiciones meteorológicas que se presenten a lo largo del ciclo del cultivo.
Demanda de nutrientes del cultivo	Radiación solar	Cantidad de nutrientes que extrae la fruta	Uso adecuado de fertilizantes (disminución de costos de producción y contaminación de suelos y aguas)
Necesidades hídricas del cultivo	Precipitación Evapotranspiración	Balance hídrico	Identificación de necesidades hídricas del cultivo, con el fin de hacer un manejo eficiente del recurso hídrico en el cultivo

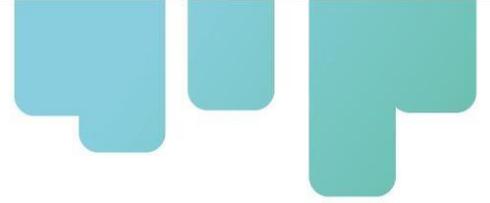


Tabla 5. Resumen de las ecuaciones que se emplean por cada una de las funciones que presta la App °AHOra.

Indicador	Ecuación
Tasa de emisión de hojas	<p>GD = (temperatura media diaria del día) – (temperatura base de 13°C) Nota: Si la temperatura mínima es inferior a 13°C se tomará el valor 0 en la acumulación de GD. Potencial emisión de hojas = suma GDD del periodo/108 GDD para la emisión de una hoja.</p>
Duración del período entre floración y cosecha	<p>GD= (temperatura media diaria del día) – (temperatura base de 13°C) Nota: Si la temperatura mínima es inferior a 13°C se tomará el valor 0 en la acumulación de GD. Período floración a cosecha de racimo: Cuántos días han transcurrido desde la fecha del cálculo hacia atrás, para acumular 900 GDD necesarios, a partir del encinte, para la cosecha del racimo.</p>
Peso potencial de racimo	<p>GDD para atrás- fecha floración (900 GDD). Procedimiento: - Tomar datos de la radiación promedio recibida (tomado de la estación meteorológica- se debe pasar de W/m² a MJ/m²). - Calculo de la radiación captada con base en ecuación Beer Lambert (con coeficiente de extinción de 0,7 y IAF de 3,5) - Conversión de luz a biomasa generada (multiplicar por 1,5 g MJ captada) - Convertir a biomasa/planta, teniendo en cuenta para ello la densidad de plantas por hectárea (multiplicar por 10.000 m² y luego dividir entre el número de plantas por hectárea). - Convertir de biomasa/planta a peso de racimo. La conversión de materia seca a peso total, parte de la premisa de que la biomasa seca, es el 25% de la masa total. (El peso total se calcula como Biomasa seca/0.25 y luego se divide en 1000 para pasar a kg). - Pasar a toneladas/ha (Esta conversión se realiza teniendo en cuenta la densidad de siembra) * Toda biomasa acumulada de floración a cosecha es racimo.</p>
Demanda de nutrientes del cultivo	<p>El cálculo se realiza teniendo en cuenta los nutrientes que son extraídos por los racimos y por tanto llevados fuera del sistema, para así poder reponerlos al suelo. En este sentido, para el cálculo de los nutrientes a reponer inicialmente se cuantifica la biomasa de racimo, es decir, el peso potencial del racimo y posteriormente a partir de la extracción de cada nutriente por tonelada cosechada (Tabla 6), se cuantifica la cantidad de nutrientes para aplicar en el siguiente ciclo de cultivo. Tabla 6. Extracción de nutrientes (en kg) por cada mil kilogramos (o tonelada) cosechados de banana para los nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Na, S. Extracción de nutrientes (en g) por cada mil kilogramos (o tonelada) cosechados de banana para los nutrientes Fe, Cu, Mn, Zn, B</p>



	N	P	K	Ca	Mg	Na	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
	----- kg/t cosechada -----							----- g/ t cosechada -----				
	2,00	0,40	6,00	1,00	0,18	0,01	0,23	4,01	0,77	1,23	1,12	5,68
Necesidades hídricas del cultivo	Sumar la EVTPo diaria durante 7 días = demanda de agua de la planta; periodo de cálculo; resta la precipitación efectiva = déficit a cubrir; Incorporar eficiencia del sistema de riego											

Actividad 1.2. Formulación de un plan de negocio.

- **PRODUCTO 3.** Monografía de la formulación del plan de negocio.

Se realizó un análisis por cada uno de los componentes del modelo CANVAS, teniendo en cuenta las particularidades de las zonas productoras de banano y plátano de Colombia, Perú y República Dominicana.

1. Segmentos de mercado o clientes.

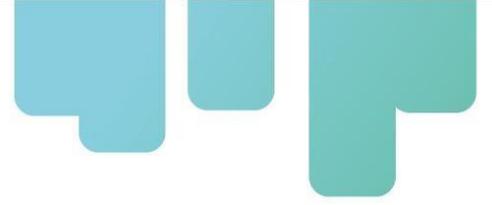
- Pequeños productores de banano familiares independientes.
- Pequeños productores de banano organizados en asociaciones, cooperativas, centrales de productores.
- Comercializadoras
- Fondos y Empresas privadas.
- Pequeños productores de plátano.

2. Propuesta de valor.

- Aplicativo novedoso y versátil que, con base en una plataforma de cálculos, permite usar en forma eficiente datos meteorológicos para proyectar respuestas del crecimiento y desarrollo del cultivo de banano.
- Primera aplicación en su tipo para uso de pequeños productores de banano de Colombia, Perú y República Dominicana.
- Aplicativo de acceso libre que podrá ser utilizado tanto en dispositivos móviles inteligentes, como en computadores (página web).

3. Canal de distribución.

- A través de los talleres y eventos programados durante el desarrollo del proyecto, se da a conocer el aplicativo a la mayor cantidad de usuarios potenciales.



- Una vez finalice el proyecto, la enseñanza y difusión del aplicativo se realizará por parte de las asociaciones y técnicos de cada país, además del “voz a voz” de los productores que ya son usuarios.
- El cliente podrá acceder a la información en tiempo real desde una computadora fija o desde un dispositivo móvil inteligente (celulares, computadoras portátiles).
- Se podrá acceder al aplicativo desde los sitios web de Fontagro y de las instituciones participantes del proyecto en cada país (Agrosavia, INIA Perú, IDIAF). El aplicativo también se encontrará para descargar en Play Store (desarrollada por Google para Android) y App Store (desarrollada por Apple para iPhone y iPad).

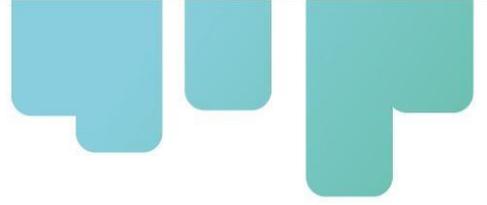
4. Relación con el cliente.

Durante el desarrollo del proyecto se socializa el aplicativo con productores, técnicos y asociaciones, a través de talleres y eventos programados por subzona. Se les informa acerca del uso y utilidad, y se analiza la funcionalidad y veracidad de los datos, identificando así potenciales modificaciones. Se realizan encuestas con el fin de evaluar la forma en que integran el aplicativo en el análisis del manejo de sus campos de banano. Una vez finalizada la etapa de desarrollo del aplicativo con el proyecto, la relación con el cliente será:

- Autoservicio: no se mantiene una relación directa con los clientes, sino que se limita a proporcionar todos los medios necesarios para que los clientes puedan servirse ellos mismos. Para ello se contará con un manual para el usuario, infografías y videos para informar e ilustrar el paso a paso de cómo funciona el aplicativo.
- Comunidades: Se espera que se creen comunidades de usuarios en línea, lo cual permitirá intercambiar conocimiento y solucionar posibles pequeños inconvenientes que cada uno de ellos encuentre.
- Creación Colectiva: Con el fin de mejorar constantemente el aplicativo, se invita a los clientes a expresar sus opiniones y sugerencias sobre el valor de la información proporcionada y el esfuerzo requerido para generar datos de sus parcelas, entre otras opiniones de los usuarios. Para ello habrá un espacio de comentarios en el aplicativo móvil.

5. Fuentes de ingreso.

- Contrapartida instituciones el sistema: Aporte en dinero o especie para operación del aplicativo y mantenimiento de las estaciones meteorológicas, por parte de asociaciones de bananeros o gobiernos regionales en cada país, los cuales se verán beneficiados por el uso de la aplicación por parte de los productores.
- Aporte de entidades desarrolladoras del proyecto: Agrosavia, INIA, IDIAF y UDEP pondrán recursos y capacidades a disposición del sostenimiento del aplicativo, por ejemplo, porcentaje de dedicación de un experto para realizar ajustes de forma y fondo del aplicativo (actualizaciones anuales), uso de instalaciones o equipos para el funcionamiento (Servidor o estaciones meteorológicas), entre otros.



6. Recursos clave

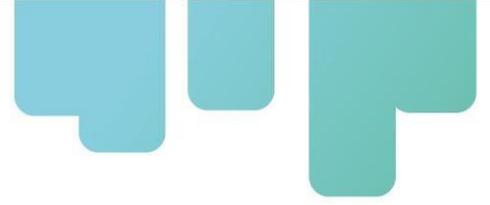
- Recursos físicos: servicios web (alojamiento en una plataforma de computación en la nube y dominio), b) Computadores, programas, internet, etc.
- Recursos intelectuales: a) Información meteorológica en tiempo real, b) registro de los datos reportados por la aplicación y los reales en campo, estos últimos son tomados por los usuarios y registrados en la aplicación al momento usarla (con el fin de corroborar en buen funcionamiento y posibles modificaciones), c) uso y permisos de compartir, d) articulación de actores.
- Recursos humanos: a) Personal de mantenimiento de la plataforma (encargado de corroborar la carga automática de los datos climáticos e inputs requeridos, y garantizar el buen funcionamiento de la plataforma de cálculos), b) Administrador del sitio web del aplicativo, c) Investigadores que evalúen y actualicen la App para su sostenibilidad a largo plazo- Al menos una vez al año, d) Flujo de la información.
- Recursos económicos: Dinero para a) pago de personal encargado del mantenimiento de la aplicación.

7. Actividades clave

- Operación: búsqueda para ampliar el uso o cobertura de la App a otras regiones.
- Innovación: Según nuevos descubrimientos académicos y comentarios de los usuarios, integrar nuevas funciones.
- Promoción: nuevas estrategias o formas de llegar a más usuarios.
- Actualización: remodelación de la plataforma para que esta sea cada vez más fácil de usar, comprensible, útil, agradable y personalizada para los usuarios.
- Mantenimiento: revisión periódica de la plataforma para que no presente fallas.
- Financiamiento: planeación de formas de conseguir y administrar recursos para el buen funcionamiento de la aplicación: a) Coordinar con instituciones aliadas (gobiernos regionales, Universidades, etc.); b) Talleres de coordinación con asociaciones de productores.
- Análisis de riegos: garantizar seguridad y solución de problemas que presenten los usuarios, de manera rápida y eficaz.

8. Socios clave.

- Equipo líder del proyecto: IDIAF, INIA, UDEP, AGROSAVIA, FONTAGRO.
- Asociaciones, cooperativas y/o centrales de productores de banano orgánico y convencional.
- Empresas exportadoras e importadoras.
- Academia (universidades e institutos).
- Gobiernos regionales.
- ONGs
- Clúster de banano orgánico



9. Estructura de costos.

- •Dominio (20,5 USD/año); •Hosting/ servidor (840 USD/año); •Plataforma de aplicaciones móviles (124 USD/año); •Mantenimiento, administración u operatividad de la aplicación (2795 USD/año); •Actualización del modelo y del aplicativo (1500 USD/año); •Mantenimiento de las estaciones (los propietarios de las estaciones cubren estos gastos); •Plan de datos para estaciones (1812,4 USD/año); •SEO-Search Engine Optimization - Optimización para motores de búsqueda (1440 USD/año).

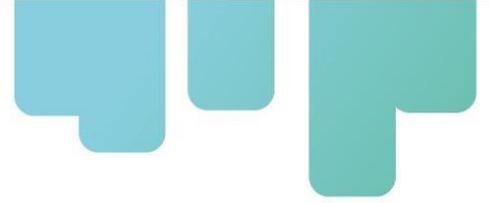
Actividad 1.3. Realización del taller inaugural del proyecto (Virtual).

- **PRODUCTO 4.** Nota técnica conteniendo la línea base sobre producción, métodos de monitoreo de comportamiento del cultivo en los tres países y uso de aplicativos similares en el mercado.

Colombia

Con la información obtenida de las encuestas, se depuraron los datos y se conformó una matriz con 51 variables cualitativas, de las cuales, a través del análisis de correspondencia múltiple, se realizó la selección de 31 variables teniendo en cuenta su poder discriminante para lograr la caracterización y tipificación, ya que representaban 60 % de la expresión de la variabilidad del total de las variables estudiadas (**Tabla 7**) lo cual es adecuado de acuerdo con Pla (1986) y Lezzoni y Pritts (1991), quienes señalaron que valores superiores al 40% suelen ser suficiente para realizar análisis adecuados.

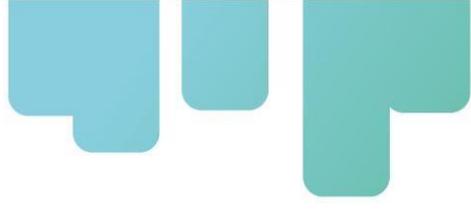
En cuanto a las encuestas realizadas a los técnicos, a través del análisis de correspondencia múltiple, se seleccionaron 34 variables dado que su coeficiente de correlación fue superior a 0,6 lo que indica que son las que más aportan a las varianzas. Esas variables fueron: ¿Área en la cual trabaja?, ¿Cuántos años tiene asistiendo a la producción de banano o plátano de cualquier tipo?, Tipo de celular, ¿Dónde acostumbra a conectarse a wifi gratuito?, Tipo de conexión a internet que tiene en su casa, ¿Para qué ocupa la computadora e internet en la casa?, En su zona de trabajo cómo caracteriza la señal, ¿Con qué frecuencia usa el internet para conseguir información sobre banano?, ¿Recibe datos ya colectados acerca de los racimos encintados?, ¿Entra o archiva datos en oficina acerca de los racimos encintados?, ¿Resume o analiza datos acerca de los racimos encintados como su responsabilidad?, ¿Recibe datos ya colectados acerca de los racimos cosechados?, ¿Resume o analiza datos acerca de los racimos cosechados como su responsabilidad?, ¿Entra o archiva datos en oficina acerca del número de cajas a la semana?, ¿Resume o analiza datos acerca del número de cajas a la semana como su responsabilidad?,



¿Recibe datos ya colectados acerca del ratio racimo/caja?, ¿Entra o archiva datos en oficina acerca del ratio racimo/caja?, ¿Resume o analiza datos acerca del ratio racimo/caja como su responsabilidad?, ¿Entra o archiva datos en oficina acerca de registros de certificaciones?, ¿Resume o analiza datos acerca de registros de certificaciones?, ¿Recibe datos ya colectados acerca de los fertilizantes aplicados?, ¿Entra o archiva datos en oficina acerca de los fertilizantes aplicados?, ¿Resume o analiza datos acerca de los fertilizantes aplicados como su responsabilidad?, ¿Recibe datos ya colectados acerca de los repelentes, pesticidas usados?, ¿Toma o registra datos acerca de perdidas TMR?, ¿Entra o archiva datos en oficina acerca de perdidas TMR?, ¿Recibe datos ya colectados acerca de pérdidas por otras causas?, ¿Entra o archiva datos en oficina acerca de perdidas por otras causas?, ¿Toma o registra datos acerca de sigatoka?, ¿Recibe datos ya colectados acerca de sigatoka?, ¿Resume o analiza datos acerca de sigatoka?, ¿Dificultades para la toma de información?, ¿ dificultades para medir indicadores de mejora continua y Benchmarking?, ¿Cómo identificó esos temas?, y Donde consulta para estar informado de los pronósticos de condiciones de tiempo o meteorológicas para los próximos días?.

Tabla 7. Coeficiente de determinación de las 31 variables seleccionadas en cada una de las dimensiones de la encuesta realizada en Colombia. Fuente: Los autores.

VARIABLES	DIMENSIONES				
	Dim 1	Dim 2	Dim 3	Dim 4	Dim 5
H					
J	0,143	0,631	0,581	0,352	0,259
L	0,143	0,640	0,556	0,056	0,104
M	1,000	0,683	0,492	0,597	0,523
N	0,999	0,493	0,271	0,285	0,043
O	0,999	0,448	0,246	0,048	0,188
P	1,000	0,550	0,371	0,070	0,035
R	0,999	0,587	0,617	0,177	0,133
S	0,999	0,385	0,368	0,075	0,105
T	0,999	0,510	0,286	0,015	0,032
U	0,999	0,366	0,173	0,015	0,016



VARIABLES	DIMENSIONES				
	Dim 1	Dim 2	Dim 3	Dim 4	Dim 5
V	0,999	0,752	0,589	0,019	0,103
X	0,999	0,611	0,488	0,172	0,083
Y	0,999	0,474	0,232	0,115	0,107
Z	0,999	0,725	0,606	0,238	0,273
AA	0,999	0,366	0,089	0,117	0,244
AB	0,999	0,520	0,083	0,005	0,005
AC	0,999	0,481	0,022	0,040	0,012
AD	0,999	0,338	0,125	0,023	0,028
AE	0,999	0,394	0,015	0,045	0,018
AF	0,999	0,448	0,121	0,025	0,010
AG	0,999	0,288	0,055	0,135	0,049
AH	0,999	0,234	0,253	0,173	0,317
AI	0,999	0,474	0,159	0,170	0,027
AJ	0,999	0,195	0,085	0,360	0,300
AN	0,999	0,263	0,259	0,476	0,454
AO	0,999	0,177	0,153	0,748	0,615
AP	0,999	0,174	0,144	0,593	0,501
AQ	0,999	0,129	0,071	0,615	0,653
AY	0,055	0,657	0,580	0,102	0,157
AZ	1,000	0,472	0,171	0,018	0,097

A partir de la selección de las variables y el análisis de HCPC, se formaron cuatro grupos de productores de musáceas en el departamento del Magdalena y La Guajira, con base a la población muestreada (**Figura 1**)

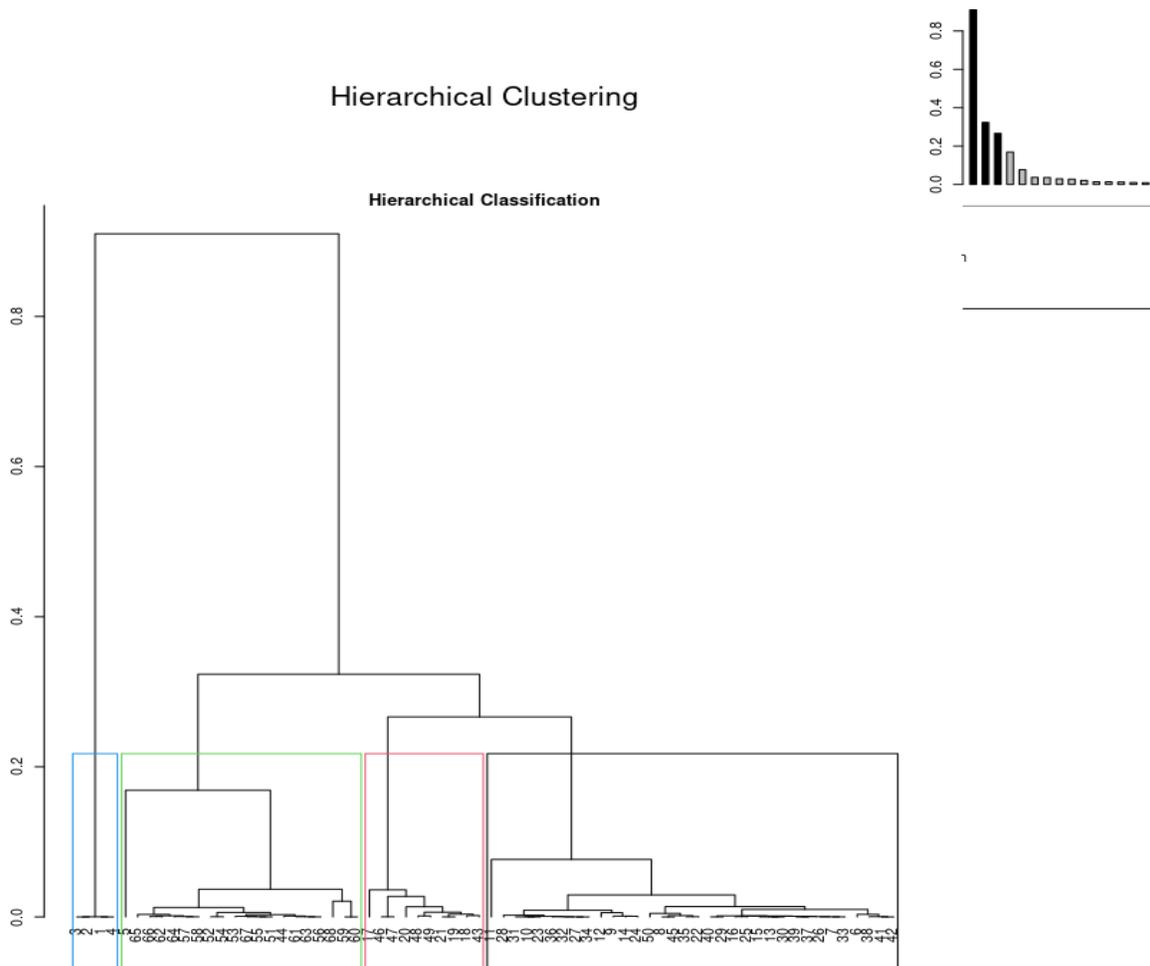
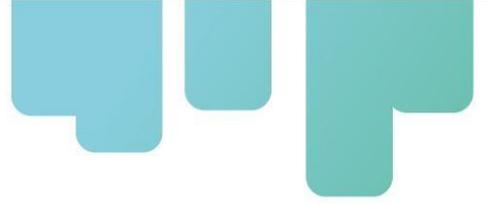


Figura 1. Agrupación de cuatro tipos de productores de musáceas en el departamento del Magdalena y La Guajira- Colombia, con base en las 31 variables agronómicas y económicas priorizadas.

Con estos resultados, se realizó el análisis de conglomerados (Der y Everitt, 2001) que minimiza las varianzas entre los grupos y maximiza las varianzas dentro de cada grupo. Mediante la aplicación de este análisis se pudo determinar cuatro grupos o tipologías de productores de musáceas en el departamento de Magdalena y La Guajira, con base a la población muestreada. La **Figura 2** muestra la agrupación en clúster de los cuatro (4) grupos de productores diferenciados por las variables, los cuales se definen a continuación:

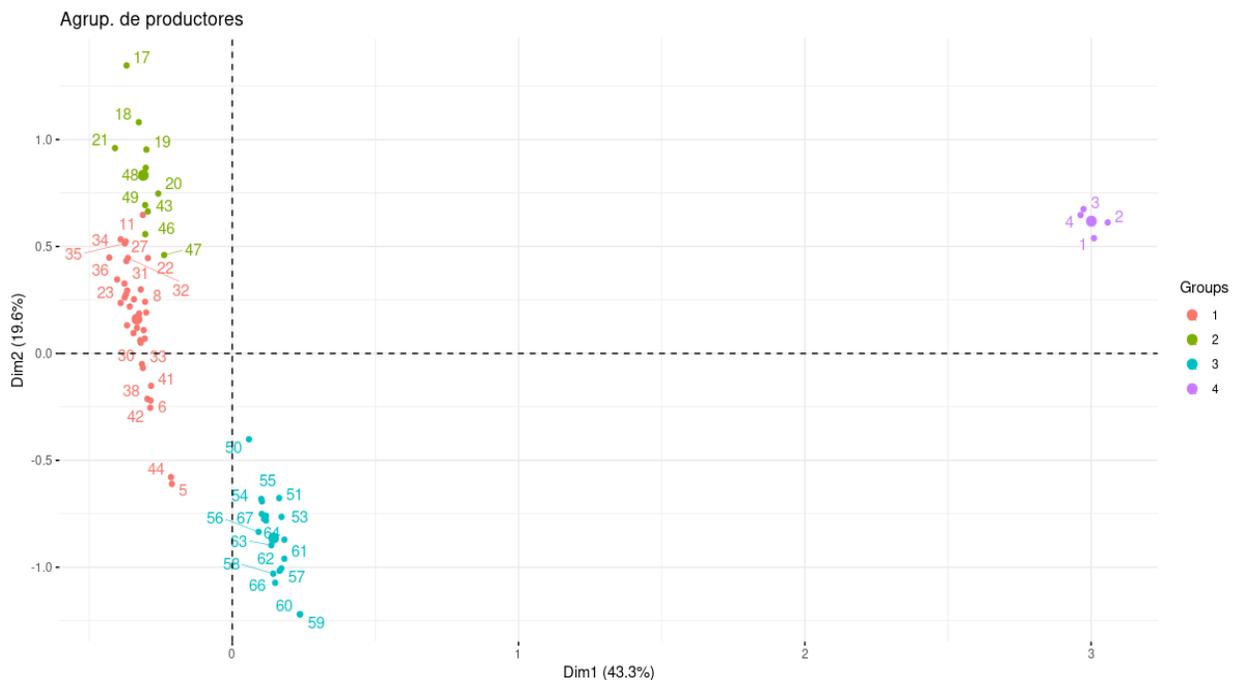
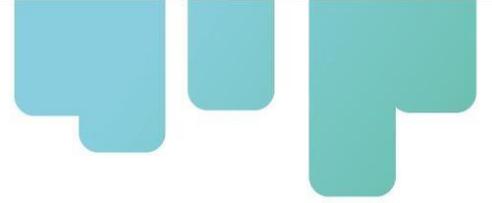


Figura 2. Tipologías definidas de acuerdo con agrupación de productores musáceas en Colombia.

Grupo 1: Comprende el 50% de la población encuestada. Este grupo se caracteriza porque son productores que cultivan en su mayoría banano de la variedad Valery, con una densidad de siembra de 1600 plantas por hectárea. Son propietarios de las parcelas y en las labores del cultivo están involucrados familiares, como hijos. No cuentan con certificaciones y tampoco consultan información climática para tomar decisiones del manejo del cultivo de banano. No obstante, en su propia finca toman datos de precipitación (mm) con ayuda de un pluviómetro. El tipo de suelo predominante de los predios es Franco (Arc Frc, Frc, L Frc, Frc L), las necesidades hídricas del cultivo las estiman por conocimiento empírico y utilizan riego por aspersión.

El productor toma en campo y cuenta con registros en papel, de más de 6 años, de datos del cultivo como racimos encintados, calibre de los dedos del racimo, peso del racimo, número de manos por racimo, ratio (racimos/semana), número de cajas producidas por ha/año. Con esta información no se realiza ningún tipo de análisis, simplemente se registran los datos como información.

Los productores de este grupo no tienen computadora y tampoco conexión a internet en su casa u oficina, pero cuentan con un SmartPhone, desde el cual tienen conexión a internet y consultan información técnica para el manejo del cultivo de banano, especialmente en temas de manejo de plagas y enfermedades (aunque no es muy frecuente la realización de estas consultas). Las principales aplicaciones y/o programas que usan son el correo y WhatsApp. Aseguran que en el



último año no han recibido capacitaciones sobre el manejo y/o uso de aplicaciones móviles para generar recomendaciones del cultivo de banano.

Estos productores consideran que es peor el riesgo en el negocio de producir banano de exportación hoy comparado con años atrás. Opinan que conocer y utilizar datos de clima y producción en su cultivo de plátano y banano puede ayudar a mejorar la productividad, rentabilidad y reducir riesgo en su plantación.

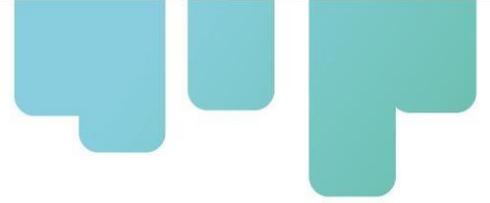
Grupo 2: Agrupa el 15% de los encuestados. Este grupo se caracteriza porque son productores de plátano Hartón, dueños de la finca donde cultivan. En las labores del cultivo emplean mano de obra familiar y la densidad de siembra promedio que manejan es de 1.111 plantas por hectárea. Se encuentran en proceso de certificación.

Estos productores no consultan ni toman datos climáticos para decidir sobre el manejo del cultivo. Tampoco toman y registran información del cultivo. El tipo de suelo predominante en las fincas es Franco (Arc Frc, Frc, L Frc, Frc L). Emplean sistemas de riego por gravedad (inundación), teniendo en cuenta el conocimiento empírico como criterio para estimar las necesidades hídricas del cultivo.

En cuanto a la disponibilidad de TIC's por parte del encuestado, estos productores cuentan con un celular sencillo (solo llamadas y textos), no tienen computador y no poseen conexión a internet, por lo que no consultan información técnica del cultivo en internet y no hacen uso de aplicaciones y/o programas como apoyo para el manejo del cultivo de plátano.

Estos productores consideran que es peor el riesgo en el negocio de producir hoy comparado con años atrás y que poder conocer y utilizar datos de clima y producción en su cultivo de plátano puede ayudar a mejorar la productividad, rentabilidad y reducir riesgo en su plantación.

Grupo 3: Representa el 29% de los encuestados. Este grupo se caracteriza porque son técnicos que visitan cultivos de banano en las zonas de influencia del proyecto. En los cultivos que asesoran toman y registran datos como: racimos encintados, calibre de los dedos del racimo, peso del racimo, número de manos por racimo, ratio (racimos/semana), y número de cajas producidas por ha/año; estos datos los registran en papel y luego los archivan digitalmente, teniendo disponibles datos de 3-6 años. Con esta información los técnicos realizan análisis para la toma de decisiones (prácticas culturales, aplicación de fertilizantes, plaguicidas, insecticidas, etc.). Igualmente, estos técnicos acostumbran a consultar estaciones meteorológicas propias para tomar decisiones de manejo de los cultivos. En cuanto a las recomendaciones sobre las necesidades hídricas del cultivo, realizan balances hídricos. Cuentan con celular tipo SmartPhone y computador, desde los cuales poseen conexión a internet y consultan diariamente información técnica para el manejo del cultivo, siendo el principal tema de interés el control de las plagas y enfermedades. Entre las aplicaciones más usadas para conseguir este tipo de información se encuentra correo, whatsApp,



buscadores y YouTube. La organización para la cual trabajan les ha realizado capacitaciones sobre el manejo y/o uso de aplicaciones móviles para generar recomendaciones del cultivo de banano.

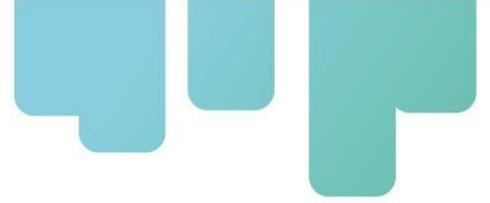
Al igual que los productores, los técnicos consideran que hoy día, comparado con años anteriores, es peor el riesgo en el negocio de producir, y que poder conocer y utilizar datos de clima y producción en su cultivo de plátano y banano puede ayudar a mejorar la productividad, rentabilidad y reducir riesgo en su plantación.

Grupo 4: este grupo reúne a gerentes, contadores y representantes legales de tres asociaciones o cooperativas diferentes, los cuales comprenden el 6% de la población muestral. Dos de estas organizaciones cuentan con una página de internet propia que brinda información sobre la cooperativa, novedades que se presenten del cultivo y soportes para las certificadoras. El medio preferido para comunicarse con los productores es la llamada telefónica y WhatsApp.

Perú

Con la información obtenida de las encuestas realizadas a los productores, se depuraron los datos y se conformó una matriz con 68 variables cualitativas, de las cuales, a través del análisis de correspondencia múltiple, se realizó la selección de 13 variables, ya que representaban un 60 % de la expresión de la variabilidad del total de variables estudiadas (**Tabla 8**). Esas variables fueron: ¿Conoce cuál es el tipo de suelo de su finca ?, Número de años que tengo conservando y accesible los registros, Racimos cosechados, Numero de años que tengo conservando y accesible los registros, Como reportan el dato a la asociación, Cajas por semanas, Numero de años que tengo conservando y accesible los registros, Como reportan el dato a la asociación, Ventas y rechazos, Como reportan el dato a la asociación, Costos, Fechas de actividades, y Vigor de plantas.

Por otra parte, para el caso de las encuestas realizadas a los técnicos, se seleccionaron 24 variables dado que el coeficiente de correlación fue superior a 0,6 lo cual indica que son las variables que más aportan a las varianzas de cada eje o componente principal (**Tabla 9**). Estas variables fueron: Área en la cual trabaja, ¿Ha trabajado directamente en fincas de banano orgánico?, ¿Qué Aplicaciones y/o Programas usa en el celular como apoyo al trabajo de asistencia técnica?, ¿Enfrenta alguna dificultad en usar el internet o aplicativos como apoyo al trabajo?, ¿Recibe datos ya colectados acerca de los racimos encintados?, ¿Entra o archiva datos en oficina acerca de los racimos encintados?, ¿Resume o analiza datos acerca de los racimos encintados como su responsabilidad?, ¿Recibe datos ya colectados acerca de los racimos cosechados?, ¿Entra o archiva datos en oficina acerca de racimos cosechados?, ¿Resume o analiza datos acerca de racimos cosechados?, ¿Toma y registra datos acerca del número de cajas a la semana?, ¿Recibe datos ya colectados acerca del número de cajas a la semana?, ¿Entra o archiva datos en oficina acerca del número de cajas a la semana?, ¿Resume o analiza datos acerca del número de cajas a



la semana como su responsabilidad?, ¿Toma y registra datos acerca de ratio racimo/caja?, ¿Recibe datos ya colectados acerca de ratio racimo/caja?, ¿Toma y registra datos acerca de certificaciones?, ¿Resume o analiza datos acerca de certificaciones?, ¿toma y registra datos acerca de fertilizantes aplicados?, ¿Recibe datos ya colectados acerca de los fertilizantes aplicados?, ¿Recibe datos ya colectados acerca de los repelentes o pesticidas usados?, ¿Entra o archiva datos en oficina acerca los repelentes o pesticidas usados?,¿Resume o analiza datos acerca de los repelentes o pesticidas usados?, ¿Recibe datos ya colectados acerca las perdidas TRM?, ¿Entra o archiva datos en oficina acerca las perdidas TRM?, y ¿Resume o analiza datos acerca de las perdidas TRM?.

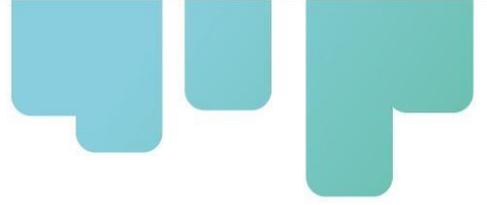
Tabla 8. Coeficiente de determinación de las 13 variables seleccionadas en cada una de las dimensiones para los productores encuestados en Perú.

DIMENSIONES					
Variables	Dim 1	Dim 2	Dim 3	Dim 4	Dim 5
J	1	1	1	1	1
CH	0,64	0,7	0,76	0,81	0,78
CL	0,63	0,61	0,71	0,62	0,75
CO	0,64	0,81	0,78	0,83	0,78
CP	0,66	0,26	0,27	0,22	0,19
CS	0,64	0,74	0,71	0,64	0,76
CV	0,65	0,78	0,78	0,82	0,78
CW	0,66	0,32	0,27	0,21	0,19
CZ	0,61	0,74	0,7	0,61	0,77
DQ	0,56	0,68	0,72	0,79	0,75
EI	0,38	0,6	0,69	0,63	0,69
EP	0,17	0,37	0,71	0,5	0,69
EW	0,5	0,53	0,64	0,69	0,63

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Coeficiente de determinación de las 24 variables seleccionadas en cada una de las dimensiones para los técnicos encuestados en Perú. **Fuente:** Elaboración propia.

VARIABLES	DIMENSIONES				
	Dim 1	Dim 2	Dim 3	Dim 4	Dim 5
D	0,72	0,62	0,61	0,16	0,25
H	0,02	0,13	0,20	1,52E+09	0,02
AA	0,03	0,01	0,06	0,03	5,45E+09
AZ	0,79	0,15	0,21	0,08	0,06
BD	0,79	0,03	0,00	0,03	0,00
BE	0,81	0,58	0,52	0,02	0,00
BF	0,93	0,21	0,48	0,18	0,07
BI	0,79	0,04	0,03	0,34	0,49
BJ	0,81	0,58	0,53	0,32	0,52
BK	0,93	0,05	0,90	0,32	0,54
BL	0,63	0,69	0,71	0,46	0,46
BN	0,80	0,03	0,14	0,01	0,01
BO	0,76	0,65	0,17	0,01	0,00
BP	0,85	0,04	0,40	0,30	0,52
BQ	0,88	0,86	0,15	0,23	0,26
BS	0,01	0,19	0,75	0,16	0,04
BV	0,80	0,05	0,13	0,32	0,55
CA	0,25	0,02	0,39	0,60	0,05
CH	0,85	0,95	0,16	0,40	0,41
CI	0,85	0,95	0,16	0,40	0,41
CJ	0,59	0,79	0,06	0,27	0,23
CM	0,64	0,68	0,18	0,27	0,18
CN	0,62	0,81	0,31	0,33	0,33
CO	0,61	0,81	0,09	0,29	0,25



A partir de la selección de las variables y el análisis de HCPC, se formaron seis grupos de productores de musáceas (**Figura 3**) y los seis grupos de técnicos (**Figura 4**), en la región de Piura, con base a la población muestreada.

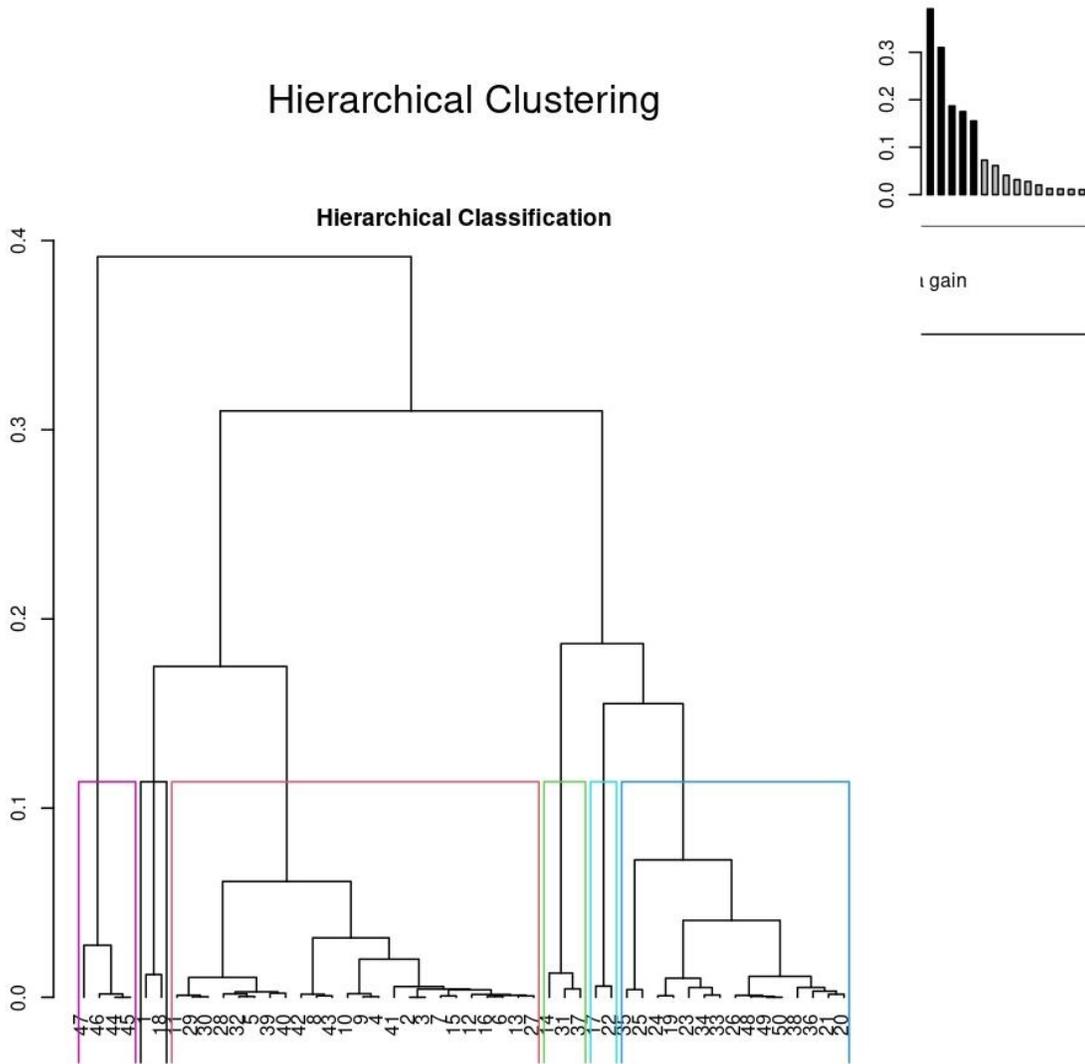


Figura 3. Agrupación de seis tipos de productores de musáceas en la región de Piura con base en las variables agronómicas y económicas priorizadas.

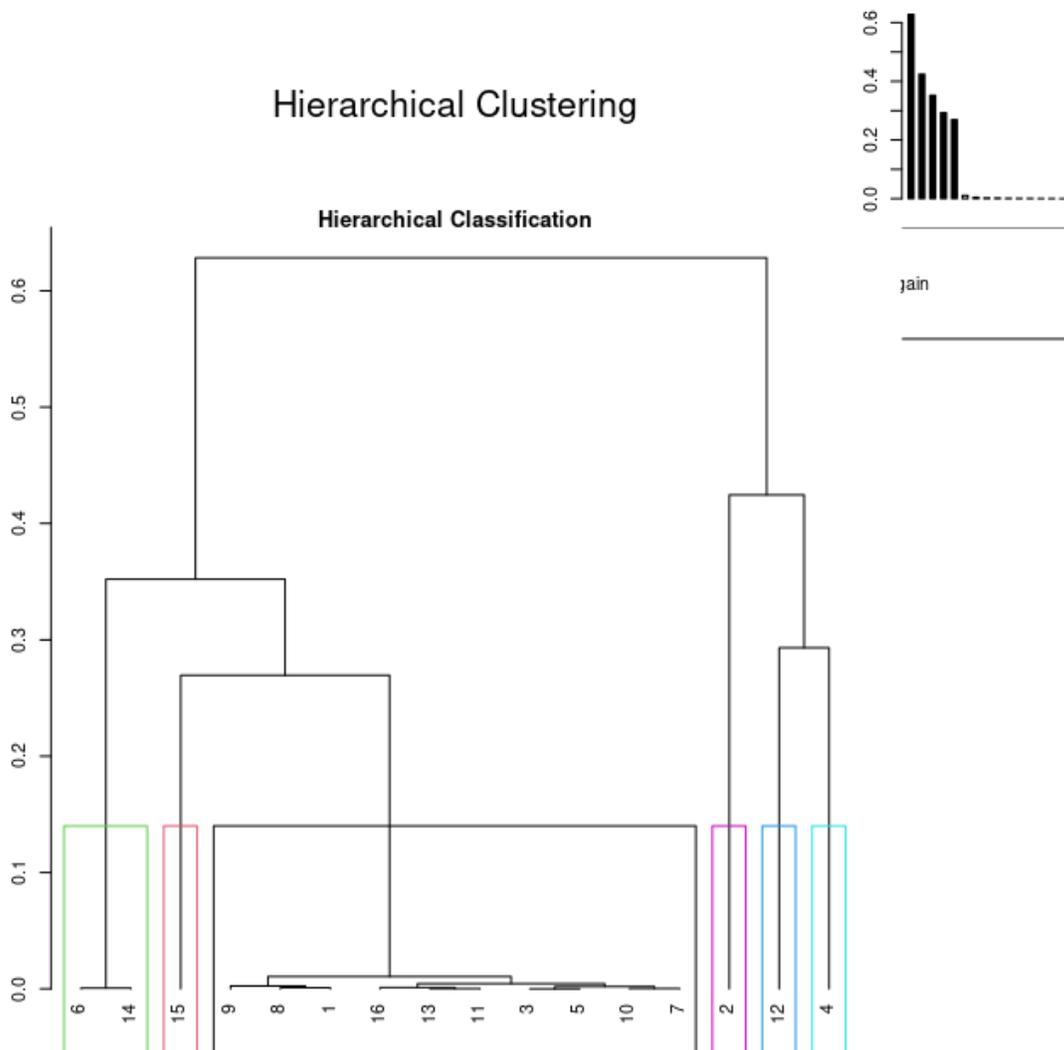


Figura 4. Agrupación de seis tipos de técnicos en la región de Piura con base a las variables priorizadas.

Con estos resultados, se realizó el análisis de conglomerados (Der y Everitt, 2001) que minimiza las varianzas entre los grupos y maximiza las varianzas dentro de cada grupo. Mediante la aplicación de este análisis se pudo determinar seis grupos de productores de musáceas y seis grupos de técnicos en la región de Piura, con base a la población muestreada. La **Figura 5** muestra la agrupación en clúster de los 6 grupos de productores y la **Figura 6** los seis grupos de técnicos, diferenciados por las variables.

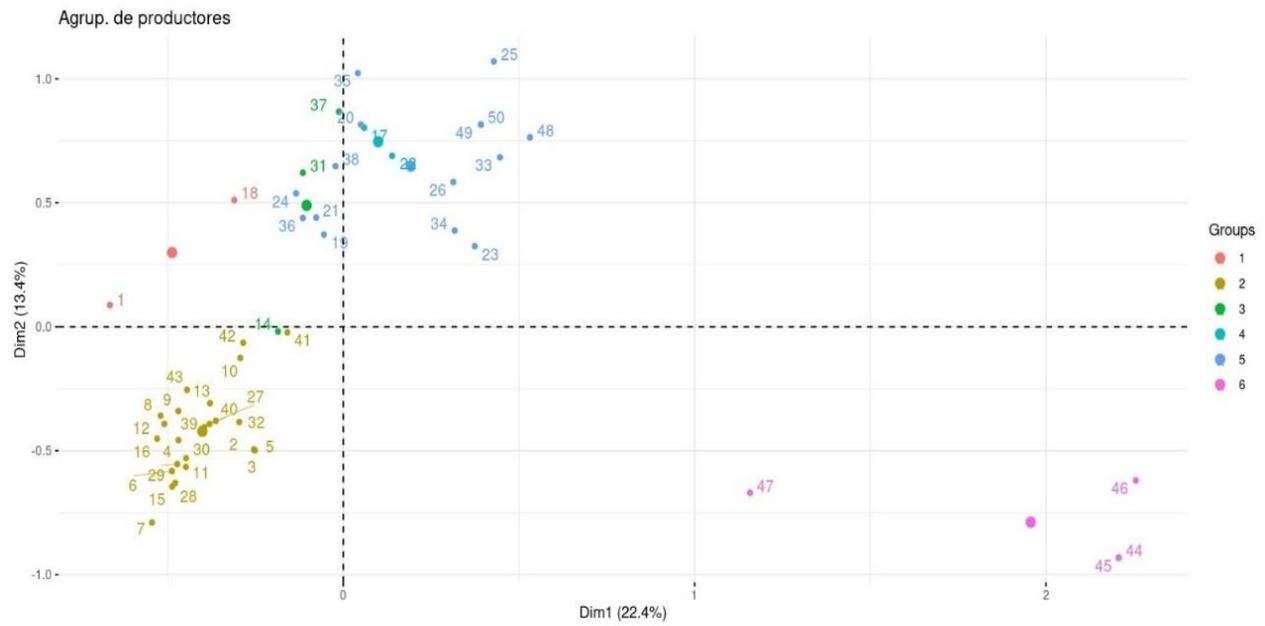


Figura 5. Tipologías de productores definidas de acuerdo con agrupación de productores musáceas en Perú.

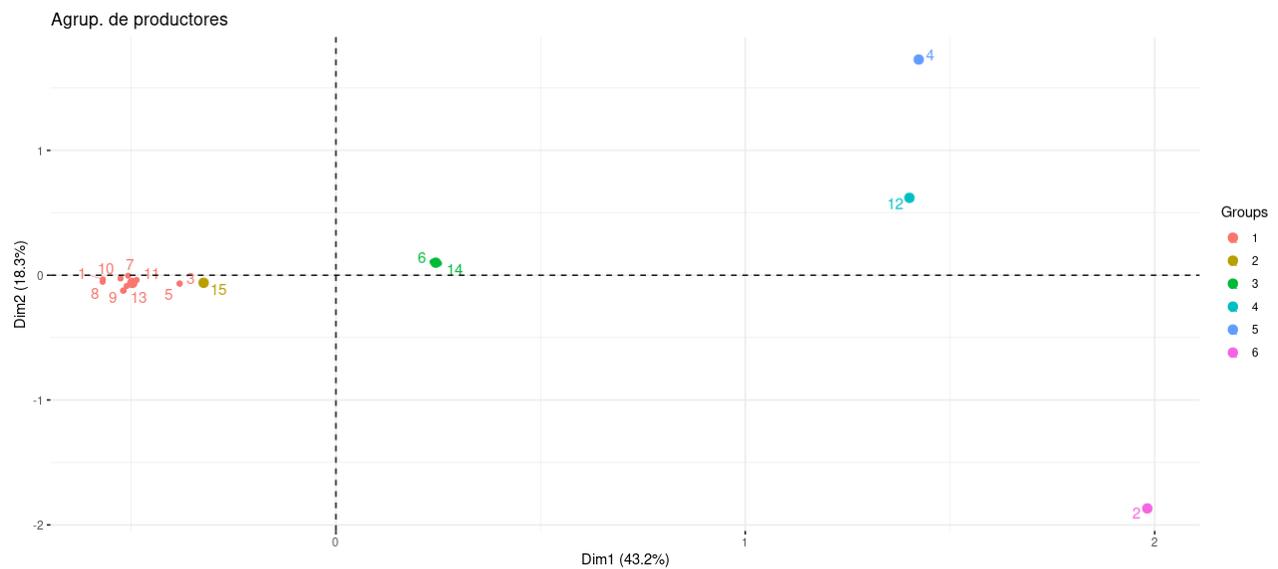
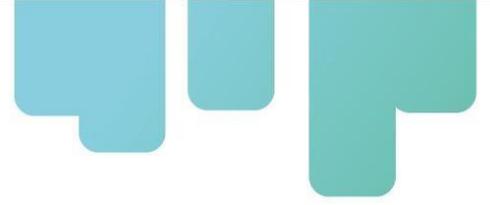


Figura 6. Tipologías de técnicos en Perú definidas de acuerdo con agrupación.



TIPOS DE PRODUCTORES EN PERÚ

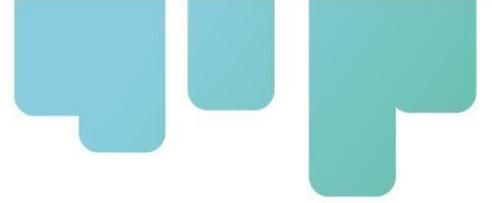
Grupo 1: Comprende el 4% de la población encuestada. Este grupo se caracterizan por reportar un tipo de suelo pesado (Arc, Frc Arc) y franco (Arc Frc, Frc, L Frc, Frc L). Los reportes de campo lo hacen directamente a la organización o través de mensajes de texto. Llevan un registro de la finca. Los registros de campo lo tienen en un cuaderno y otros en la computadora. Las cosechas son semanales y lo registra el mismo productor. El registro de ventas y de la fruta rechazada es realizada por el mismo productor. Los costos de producción son llevados por el mismo productor. Se lleva un registro del vigor de las plantas y es el trabajador quien realiza esa labor. El tipo de riego es por inundación.

Grupo 2: Agrupa 48% de los encuestados, representan el mayor porcentaje de encuestas realizadas. La principal variedad cultivada es del subgrupo Cavendish, cultivar Valery y el sistema de riego principal es por inundación. Indican conocer el tipo de suelo en su campo el cual varía de suelo pesado (Arc, Frc Arc) a suelo franco (Arc Frc, Frc, L Frc, Frc L). El reporte de daños lo hacen directamente al técnico. Mas de 50% reportan no llevar registro de costos. El registro de actividades lo realizan los trabajadores y no llevan registro del vigor de las plantas en campo.

Grupo 3: Agrupa 6% de los encuestados. Indican cultivar Cavendish Valery y utiliza el sistema de riego. 75% indicó no conocer el tipo de suelo que tienen en su campo de producción. El reporte de daños por plagas lo hacen directamente al técnico. Llevan registro de cosecha y del número de cajas por semana. El 25% indicó no llevar un registro de costo de producción. Las actividades en campo son registradas por el mismo productor. No llevan registro de monitoreo del vigor de las plantas en campo.

Grupo 4: Agrupa el 4% de los encuestados. Indican conocer su tipo de suelo que puede ser pesado (Arc, Frc Arc) o franco (Arc Frc, Frc, L Frc, Frc L). El 50% indico no reportar los daños que afectan la producción de banano en campo. El productor lleva un registro de la cosecha de racimos por semana. La mitad de encuestados indico llevar un registro del costo de producción y 100% indico no llevar un registro del vigor de plantas en campo.

Grupo 5: Agrupa el 30% de los encuestados, y es el segundo que agrupa al mayor número de encuestados. El 63% de este grupo indico desconocer el tipo de suelo de su campo de producción. El reporte de daños de campo lo realizan en su mayoría directamente al técnico de la organización. Todos llevan un registro semanal de la cosecha de racimos. El registro de actividades es realizado por el mismo productor. El 100% de los encuestados de este grupo indico no llevar un registro del vigor de las plantas en campo.



Grupo 6: Agrupa el 8% de los encuestados. En su mayoría cultivan banano Cavendish Valery y el riego utilizado es por inundación, la frecuencia de riego es variado y dependerá del programa de aperturas de compuertas para acceder al agua de riego. Todos los encuestados en este grupo manifestaron conocer el tipo de suelo que puede ser pesado (Arc, Frc Arc) o franco (Arc Frc, Frc, L Frc, Frc L). El 75% de este grupo indico no reportar los daños por plagas. La mayoría indica llevar un registro de cosecha semanal. Así mismo indicaron no llevar un registro de los rechazos. No llevan un registro del costo de producción. En plan de actividades en campo lo realiza mayormente el trabajador en coordinación con el técnico y le productor. No llevan un registro de monitoreo del vigor de las plantas en campo.

TIPOS DE TÉCNICOS EN PERÚ

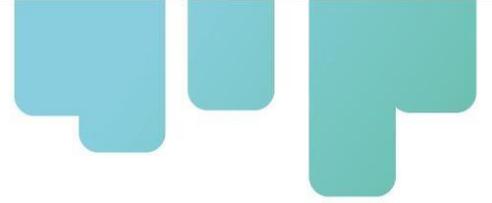
Grupo 1: Comprende el 62.5% de la población encuestada. Este grupo por estar conformado por técnicos que trabajan el 90% en el área de producción y un 10% en certificación. El 50% posee su propia finca de banano. La mayoría indica que no encuentra dificultad para usar el internet como apoyo al trabajo. El 100% indico que no analizan o resumen datos de varios productores. Se observa en las respuestas que no se procesan ni analizan datos de producción y perdidas.

Grupo 2: Comprende el 6.25% de la población encuestada. Este grupo está conformado por un solo técnico de la cooperativa Aspraosra (Alto Piura), indica trabajar en el área de asistencia en producción y también produce banano. Se caracteriza por no utilizar datos ni analizar datos de productores. Lleva un registro en papel de los fertilizantes entregados a cada productor. No lleva un registro de las pérdidas de fruta y sobre todo los causados por el Thrip de la mancha roja.

Grupo 3: Comprende el 12.5% de la población encuestada. Este grupo está conformado por dos técnicos de la cooperativa Aspraosra y Asprosol (Alto Piura) respectivamente, realizan actividades de asistencia técnica en producción y certificación. No reciben datos directamente del productor. Preparan resúmenes de volumen y calidad de la producción de los productores socios. Se caracterizar por no manejar datos en la oficina y no analizarlos.

Grupo 4: Corresponde a 6.25% de la población encuestada. Este grupo está conformado por un técnico de la cooperativa COOPAG ubicado en el Valle del rio Chira, Sullana. Indica dar asistencia técnica en producción y certificación. También tiene como actividad la producción de banano. No usa internet para obtener información sobre banano. Recibe los datos de producción del productor o de otro técnico. No analiza los datos de descarte.

Grupo 5: Comprende 6.25% de la población encuestada. Este grupo está conformado por un técnico de la cooperativa APBOSMAM ubicado en el Valle del rio Chira, Sullana. Indica dar

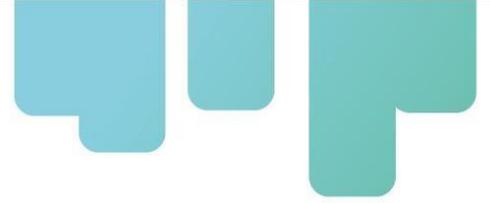


asistencia técnica en producción. También tiene como actividad la producción de banano. Recibe los datos de producción del productor o de otro técnico. Indica tener dificultades para acceder al internet como apoyo al trabajo que realiza. De acuerdo con las respuestas dadas, indica recibir los datos del productor para procesarlos. Así mismo indica llevar un monitoreo de las causas de descarte de la fruta con énfasis en el Thrip de la mancha roja.

Grupo 6: Comprende el 6.25% de la población encuestada. Este grupo está conformado por un técnico de la cooperativa APBOSMAM ubicado en el Valle del río Chira, Sullana. Indica dar asistencia técnica en producción. No tiene como actividad la producción de banano. No tiene dificultades en acceder a internet en temas relacionados a su trabajo. Recibe los datos de producción directamente del productor o del técnico, la información recibida lo registra y procesa a fin de obtener un resumen de volumen y calidad de producción.

República Dominicana

Con la información obtenida de las encuestas realizadas a los productores, se depuraron los datos y se conformó una matriz con 86 variables cualitativas, de las cuales, a través del análisis de correspondencia múltiple, se realizó la selección de 22 variables teniendo en cuenta su poder discriminante para lograr la caracterización y tipificación, ya que representaron 54,2 % de la expresión de la variabilidad del total de variables estudiadas (**Tabla 10**), lo cual es adecuado de acuerdo con Pla (1986) e Lezzoni y Pritts (1991). Las variables que se seleccionaron dado que su coeficiente correlación en el análisis multivariado fue superior a 0,6 fueron: Tipo de Riego, ¿Cuántos trabajadores fijos asegurados tiene (no incluye familiares)?, Tiene computadora en su casa?, YouTube, Cajas por semanas, Quién lo registra en la finca?, Donde lo registra en la finca, Como reportan el dato a la asociación, Numero de años que la asociación tiene conservando y accesible los registros de este dato, He tenido ocasión de acceder el dato de años anteriores, Plantilla de trabajadores, Quién lo registra en la finca?, Donde lo registra en la finca, Numero de años que tengo conservando y accesible los registros, A quien (es) entrega el dato la persona que toma o anota el dato, Número de años que la asociación tiene conservando y accesible los registros de este dato, He tenido ocasión de acceder el dato de años anteriores, Fertilizantes aplicados, Quién lo registra en la finca?, Donde lo registra en la finca, A quien reportan el dato a la asociación, Número de años que la asociación tiene conservando y accesible los registros de este dato, Donde lo registra en la finca, Como reportan el dato a la asociación, Quién lo registra en la finca?, Donde lo registra en la finca, Como reportan el dato a la asociación, Donde lo registra en la finca, Donde lo registra en la finca, Quién lo registra en la finca?, Donde lo registra en la



finca, A quien reportan el dato a la asociación, Donde lo registra en la finca, Como decide usar riego suplementario con bomba en caso que tuviera?.

En cuanto a las encuestas realizadas a los técnicos, a través del análisis de correspondencia múltiple, se seleccionaron 34 variables dado que su coeficiente de correlación fue superior a 0,6 lo que indica que son las que más aportan a las varianzas (**Tabla 11**). Esas variables fueron: ¿Área en la cual trabaja?, ¿Cuántos años tiene asistiendo a la producción de banano o plátano de cualquier tipo?, Tipo de celular, ¿Dónde acostumbra a conectarse a wifi gratuito?, Tipo de conexión a internet que tiene en su casa, ¿Para qué ocupa la computadora e internet en la casa?, En su zona de trabajo cómo caracteriza la señal, ¿Con qué frecuencia usa el internet para conseguir información sobre banano?, ¿Recibe datos ya colectados acerca de los racimos encintados?, ¿Entra o archiva datos en oficina acerca de los racimos encintados?, ¿Resume o analiza datos acerca de los racimos encintados como su responsabilidad?, ¿Recibe datos ya colectados acerca de los racimos cosechados?, ¿Resume o analiza datos acerca de los racimos cosechados como su responsabilidad?, ¿Entra o archiva datos en oficina acerca del número de cajas a la semana?, ¿Resume o analiza datos acerca del número de cajas a la semana como su responsabilidad?, ¿Recibe datos ya colectados acerca del ratio racimo/caja?, ¿Entra o archiva datos en oficina acerca del ratio racimo/caja?, ¿Resume o analiza datos acerca del ratio racimo/caja como su responsabilidad?, ¿Entra o archiva datos en oficina acerca de registros de certificaciones?, ¿Resume o analiza datos acerca de registros de certificaciones?, ¿Recibe datos ya colectados acerca de los fertilizantes aplicados?, ¿Entra o archiva datos en oficina acerca de los fertilizantes aplicados?, ¿Resume o analiza datos acerca de los fertilizantes aplicados como su responsabilidad?, ¿Recibe datos ya colectados acerca de los repelentes, pesticidas usados?, ¿Toma o registra datos acerca de perdidas TMR?, ¿Entra o archiva datos en oficina acerca de perdidas TMR?, ¿Recibe datos ya colectados acerca de perdidas por otras causas?, ¿Entra o archiva datos en oficina acerca de perdidas por otras causas?, ¿Toma o registra datos acerca de sigatoka?, ¿Recibe datos ya colectados acerca de sigatoka?, ¿Resume o analiza datos acerca de sigatoka?, ¿Dificultades para la toma de información?, ¿dificultades para medir indicadores de mejora continua y Benchmarking?, ¿Cómo identificó esos temas?, y Donde consulta para estar informado de los pronósticos de condiciones de tiempo o meteorológicas para los próximos días?.

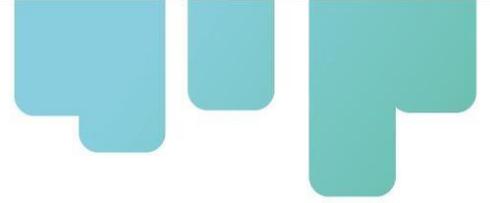


Tabla 10. Coeficiente de determinación de las 22 variables seleccionadas en cada una de las dimensiones para el caso de los productores encuestados en República Dominicana. Fuente: Los autores

VARIABLES	DIMENSIONES				
	Dim 1	Dim 2	Dim 3	Dim 4	Dim 5
Q	6613510820	0,154905	0,191818	0,080169	0,100196
AT	0,771688	0,846454	0,503061	0,551256	0,564298
BA	3395754358	0,003843	0,004090	0,001622	0,004303
BQ,1	0,023605	0,055006	0,000250	3955309156	0,035526
CW	0,020032	2258490756	0,127316	0,325658	0,157153
DE	0,669797	0,533215	0,164208	0,239740	0,368177
DF	0,705401	0,260276	0,275174	0,145784	0,321083
DH	0,765737	0,050587	0,010591	0,002060	0,028574
DZ	0,810381	0,239178	0,201646	0,209399	0,207330
EA	0,812501	0,138807	0,316901	0,043980	0,003422
EC	0,795928	0,036207	0,020073	0,018074	0,003207
EG	0,826962	0,315705	0,289303	0,212394	0,241912
EH	0,795928	0,036207	0,020073	0,018074	0,003207
EJ	0,795928	0,036207	0,020073	0,018074	0,003207
EO	0,678804	0,358507	0,326865	0,381626	0,234660
EU	0,134743	0,462308	0,291645	0,076704	0,200920
EV	0,378356	0,654180	0,344261	0,194706	0,146109
FB	0,869845	0,252505	0,257985	0,195358	0,306081
FC	0,845812	0,094661	0,009077	0,003287	0,102439
FE	0,826270	0,039675	0,009029	0,003050	0,036926
FJ	0,620239	0,014837	0,267134	0,353098	0,121419
HO	0,009212	5247592185	0,000663	0,080352	0,001820

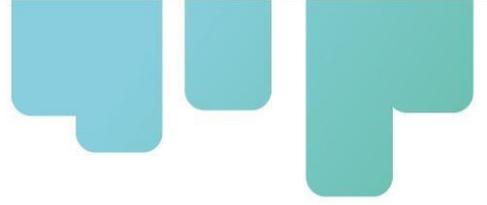
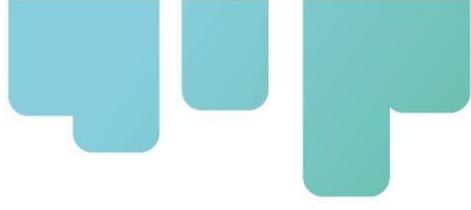


Tabla 11. Coeficiente de determinación de las 34 variables seleccionadas en cada una de las dimensiones para el caso de los técnicos encuestados en República Dominicana.

VARIABLES	DIMENSIONES				
	Dim 1	Dim 2	Dim 3	Dim 4	Dim 5
D	0,85	0,44	0,21	0,08	0,12
F	0,91	0,96	0,98	0,51	0,81
J	0,26	0,22	0,30	0,60	0,03
Q	0,27	0,69	0,12	0,15	0,32
S	0,15	0,19	0,66	0,00	0,16
T	0,13	0,36	0,84	0,67	0,41
V	0,91	0,58	0,20	0,43	0,15
AC	0,14	0,53	0,16	0,69	0,49
BD	0,14	0,22	0,50	0,61	0,04
BE	0,74	0,27	0,17	0,81	0,03
BF	0,60	0,42	0,04	0,27	0,13
BI	0,22	0,16	0,84	0,03	0,28
BQ	0,60	0,43	0,93	0,34	0,14
BP	0,83	0,67	0,60	0,13	0,08
BS	0,32	0,66	0,25	0,16	0,07
BT	0,53	0,35	0,89	0,67	0,08
BU	0,86	0,41	0,59	0,26	0,34
BY	0,70	0,06	0,58	0,53	0,51
BZ	0,72	0,13	0,12	0,22	0,33
CC	0,78	0,49	0,30	0,25	0,20
CD	0,55	0,59	0,94	0,54	0,63
CE	0,75	0,20	0,20	0,24	0,25



VARIABLES	DIMENSIONES				
	Dim 1	Dim 2	Dim 3	Dim 4	Dim 5
CH	0,77	0,65	0,19	0,07	0,02
CL	0,44	0,78	0,04	0,23	0,02
CN	0,36	0,80	0,02	0,62	0,18
CR	0,45	0,25	0,03	0,67	0,02
CS	0,21	0,22	0,00	0,60	0,05
CV	0,03	0,26	0,04	0,66	0,48
CW	0,74	0,37	0,28	0,08	0,20
CY	0,85	0,58	0,23	0,15	0,11
DQ	0,68	0,54	0,20	0,21	0,64
DX	0,35	0,67	0,07	0,22	0,36
EG	0,16	0,52	0,73	0,35	0,81
EK	0,53	0,24	0,57	0,36	0,64

A partir de la selección de las variables y el análisis de HCPC, se formaron cinco (5) grupos de productores de banano (**Figura 7**) y seis (6) grupos de técnicos (**Figura 8**), con base a la población muestreada.

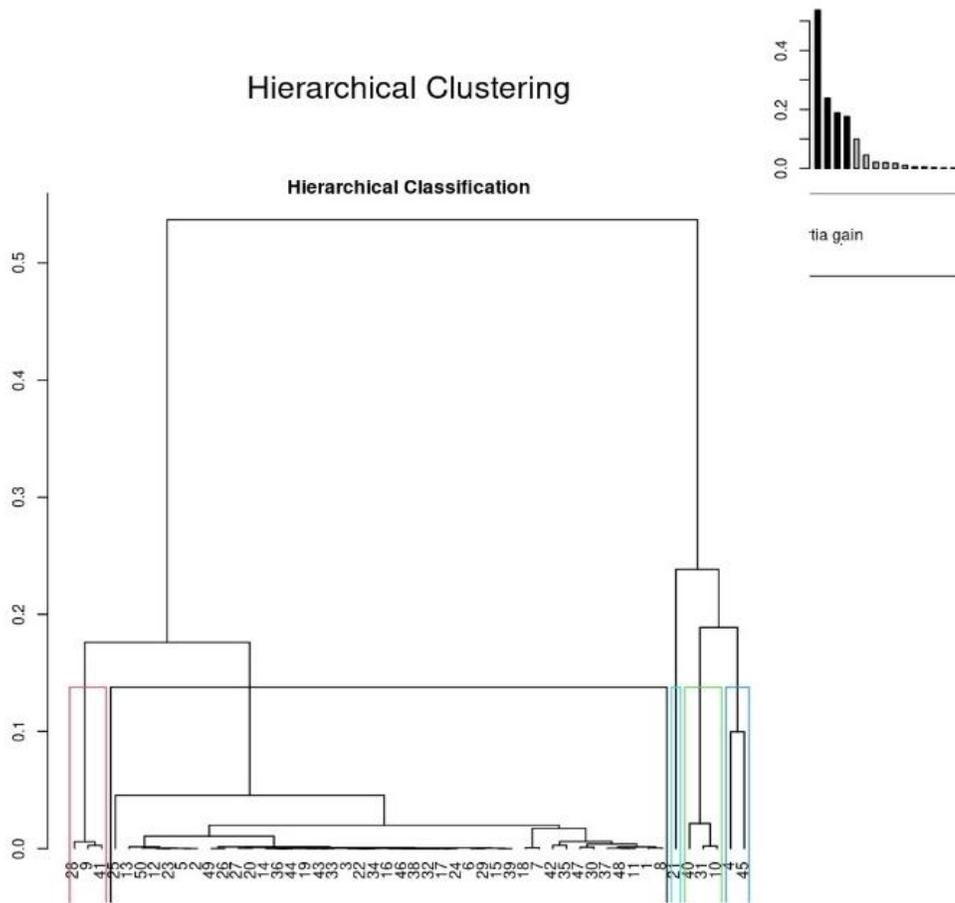


Figura 7. Agrupación de cinco tipos de productores de música en La Línea Noroeste de República Dominicana, con base en las 23 variables de uso de datos priorizadas.

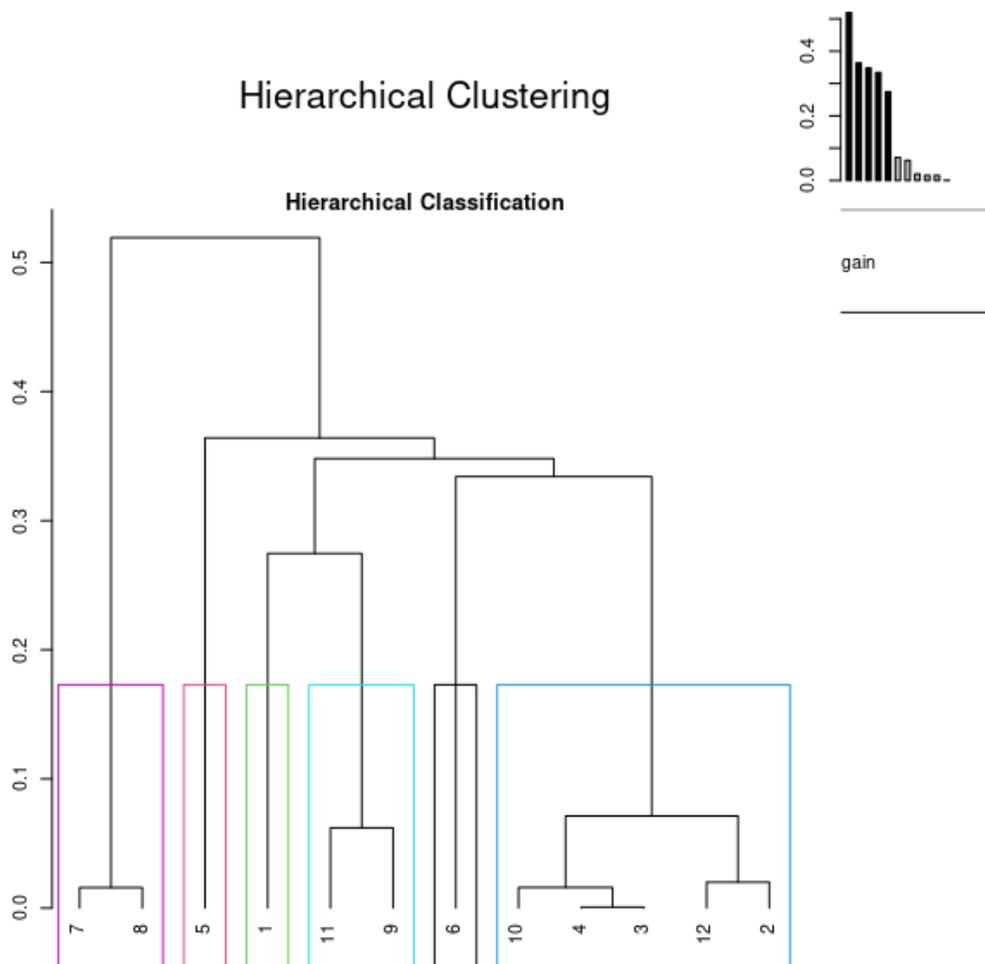


Figura 8. Agrupación de seis tipos de técnicos en La Línea Noroeste de Republica Dominicana, con base en las 35 variables de uso de datos priorizadas.

Con estos resultados, se realizó el análisis de conglomerados (Der y Everitt, 2001) que minimiza las varianzas entre los grupos y maximiza las varianzas dentro de cada grupo. Mediante la aplicación de este análisis se pudo determinar seis grupos de técnicos y cinco tipos de productores de banano en la Línea Noroeste, con base a la población muestreada. La **Figura 9** y **Figura 10**, muestran la agrupación en clúster de los grupos de productores y técnicos, diferenciados por las variables, respectivamente.

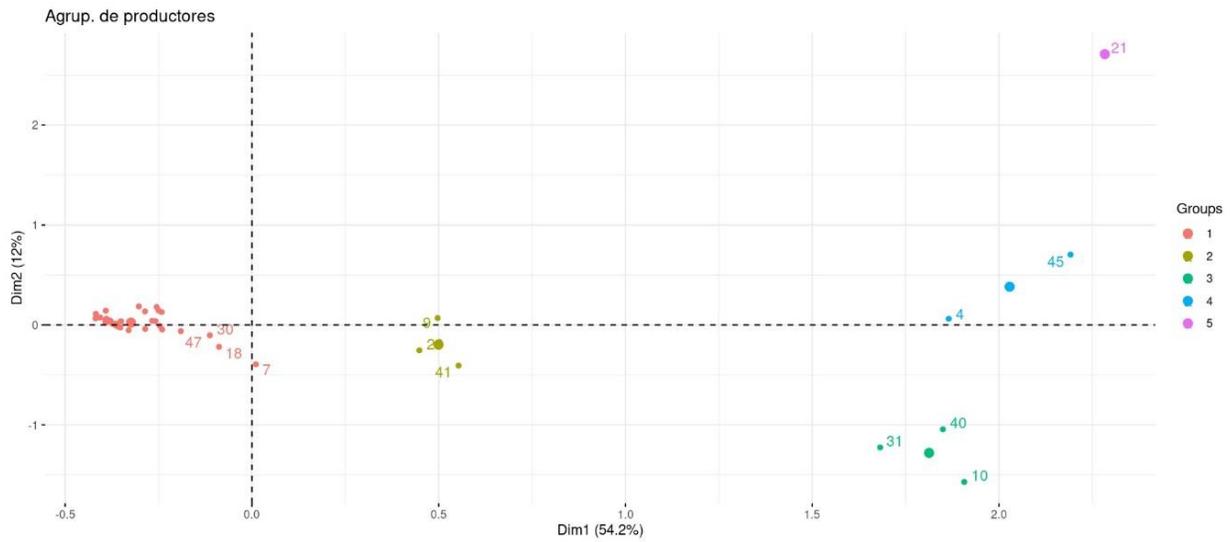


Figura 9. Tipologías definidas de acuerdo con agrupación de productores banano de República Dominicana.

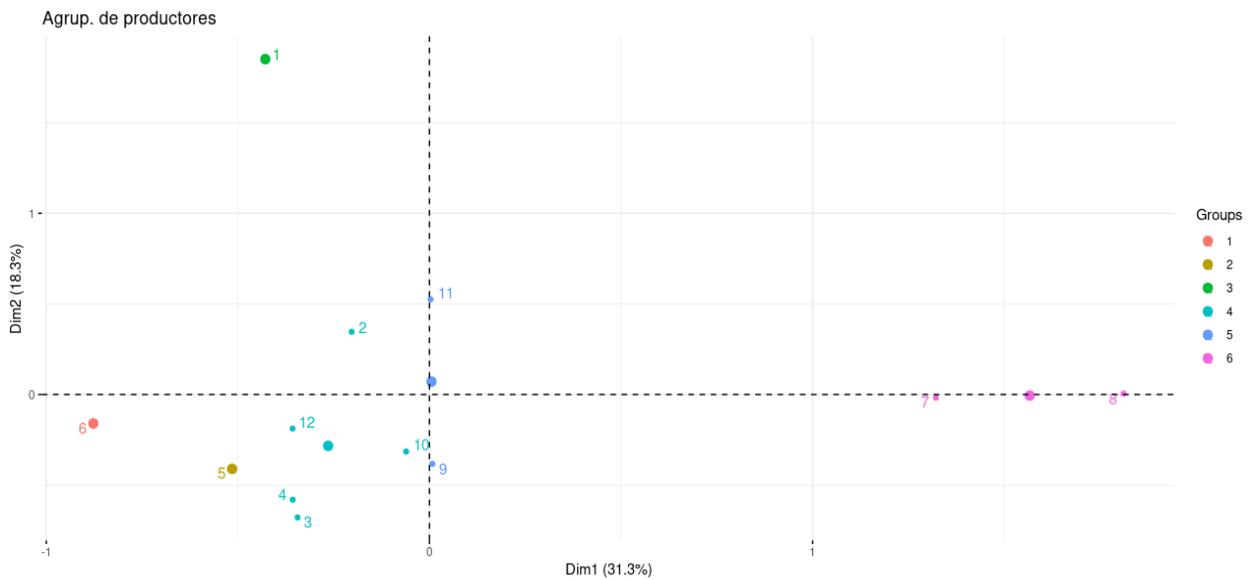
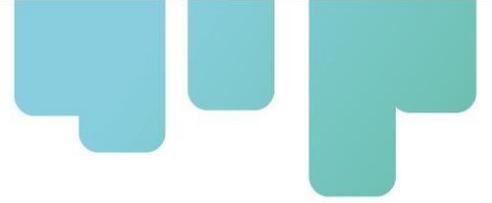


Figura 10. Tipologías definidas de acuerdo con agrupación de técnicos en República Dominicana.



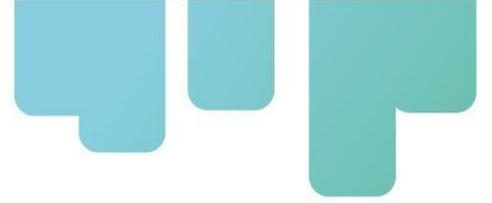
TIPOS DE PRODUCTORES DE REPÚBLICA DOMINICANA

Grupo 1: Comprende el 82% de la población encuestada. Este grupo se caracteriza porque el 100% de los productores tiene riego por inundación. El 20% no tiene riego suplementario con bomba. En las fincas tienen un promedio de 4 trabajadores fijos asegurados. Todos tienen computadora en su casa. Nadie en la familia participa en video llamadas o conferencias en vivo.

En cuanto al registro de datos productivos y financieros de su finca, todos registran las cajas por semanas. El 66% no registra datos sobre las ventas y rechazos en la finca y cuando registran lo hace el capataz. De los que registran datos sobre las ventas y rechazos en la finca, lo hacen en cuaderno propio. El 66 % no reporta el dato sobre las ventas y rechazos en la finca a la asociación, y quienes lo hacen lo hacen al técnico. El 100% no registra las pérdidas por Trips de la mancha roja. El 100% no registran las pérdidas por otras causas. El 66% no registra costos y los que lo hacen registran en cuadernos propios. El 33% no registra otras actividades de la finca y los que lo hacen registran en formulario de asociación y en cuaderno de la asociación. El 100% registra datos sobre Sigatoka negra y lo hacen en formulario de la asociación.

Grupo 2: Representa el 6% de los encuestados. Este grupo se caracteriza porque el 67% de los productores tiene riego por inundación. El 100% no utiliza riego suplementario con bomba. En las fincas tienen un promedio de 9 trabajadores fijos asegurados. El 100 % no tiene computadora en su casa. El 11% en la familia participa en video llamadas o conferencias en vivo.

En cuanto al registro de datos productivos y financieros de su finca, el 100% solo registra las cajas por semanas. El 33% registra datos sobre las ventas y rechazos en la finca y lo hace mayormente el capataz. De los que registran datos sobre las ventas y rechazos en la finca, lo hacen en formulario de la asociación, cuaderno de la asociación, cuaderno propio y en hoja sueltas. El 100 % no reporta el dato sobre las ventas y rechazos en la finca a la asociación. El 90% no registra las pérdidas por Trips de la mancha roja, y cuando registran lo hace el capataz, el productor o el técnico de Asociación. Cuando registran lo hacen en formulario o en cuaderno de la asociación, y en computadora. El 100 % no registra las pérdidas por otras causas. El 78% no registra costos y los que lo hacen registran en cuadernos propios, cuadernos de la asociación, hojas sueltas y computadoras. El 7% no registra otras actividades de la finca y los que lo hacen registran en formulario de asociación, cuaderno de la asociación, cuaderno propio, hojas sueltas guardada y computadora. El 33% registra datos sobre el vigor de las plantas, y cuando registran lo hacen los técnicos, el capataz y el trabajador en formulario de la asociación y lo reportan a los técnicos. El 100% registra datos sobre Sigatoka negra y lo hacen en formulario de la asociación, cuadernos propios, hojas sueltas y computadoras.



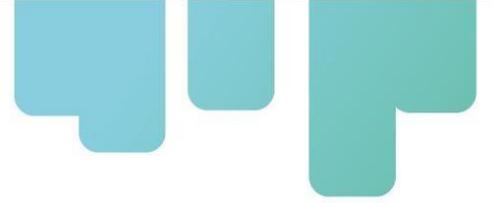
Grupo 3: Agrupa el 6% de los encuestados. Este grupo se caracteriza porque el 100% de los productores tiene riego por inundación. El 33% utiliza riego suplementario con bomba

En las fincas tienen un promedio de 26 trabajadores fijos asegurados. El 33 % tiene computadora en su casa. Nadie en la familia participa en video llamadas o conferencias en vivo.

En cuanto al registro de datos productivos y financieros de su finca, todos registran las cajas por semanas. El 67% registra datos sobre las ventas y rechazos en la finca y lo hace el capataz o el mismo productor. De los que registran datos sobre las ventas y rechazos en la finca, lo hacen en cuaderno de la asociación o en hojas sueltas. El 67 % reporta el dato sobre las ventas y rechazos en la finca a la asociación, y quienes lo hacen lo reportan al técnico o directamente a la asociación. Cuando registran, lo hacen en formulario o en cuaderno de la asociación. El 67% registra las pérdidas por otras causas, y son registradas por el trabajador o el capataz. De los que registran pérdidas por otras causas en la finca, lo hacen en formularios de la asociación. Los productores reportan el dato a los técnicos. El 50% no registra costos y los que lo hacen registran en cuadernos propios y hojas sueltas. El 17% no registra otras actividades de la finca y los que lo hacen registran en formulario de asociación y en cuaderno de la asociación El 67% registra datos sobre el vigor de las plantas y cuando registran lo hacen los técnicos y el capataz, en formulario de la asociación y lo reportan a los técnicos. El 100% registra datos sobre Sigatoka negra y lo hacen en formulario de la asociación y hojas sueltas.

Grupo 4: Agrupa el 4% de los encuestados. Este grupo se caracteriza porque el 100% de los productores tiene riego por inundación. El 50% utiliza riego suplementario con bomba. En las fincas tienen un promedio de 10 trabajadores fijos asegurados. El 100 % no tiene computadora en su casa. Nadie en la familia participa en video llamadas o conferencias en vivo.

En cuanto al registro de datos productivos y financieros de su finca, todos registran las cajas por semanas. 100% registra datos sobre ventas y rechazos en la finca y lo hace el mismo productor, lo hacen en cuaderno de la asociación o en hojas sueltas. El 100 % reporta el dato sobre las ventas y rechazos en la finca a la asociación, y lo reportan al técnico o directamente a la asociación. Cuando registran, lo hacen en formulario o en cuaderno de la asociación. El 100% registra las pérdidas por otras causas, y las mismas son registradas por el trabajador o el capataz. Los productores reportan el dato a los técnicos. El 50% no registra costos y los que lo hacen registran en cuadernos propios y hojas sueltas. El 17% no registra otras actividades de la finca y los que lo hacen registran en formulario de asociación y en cuaderno de la asociación El 100% registra datos sobre el vigor de las plantas y cuando registran lo hacen los técnicos y el capataz, en formulario de la asociación y lo reportan a los técnicos. El 100% registra datos sobre Sigatoka negra y lo hacen en formulario de la asociación y hojas sueltas.



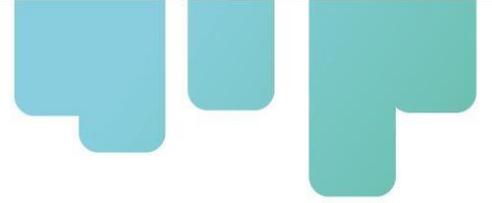
Grupo 5: Agrupa el 2% de los encuestados. Este grupo se caracteriza porque el 100% de los productores tiene riego por inundación. El 100% utiliza riego suplementario con bomba. En las fincas tienen un promedio de 1 trabajador fijo asegurado. El 100 % no tiene computadora en su casa. Nadie en la familia participa en video llamadas o conferencias en vivo.

En cuanto al registro de datos productivos y financieros de su finca, todos registran las cajas por semanas. El 100% no registra datos sobre las ventas y rechazos en la finca. El 100% no registra pérdidas por otras causas en la finca. El 50% no registra costos y los que lo hacen registran en cuadernos propios y hojas sueltas. El 17% no registra otras actividades de la finca y los que lo hacen registran en formulario de asociación y en cuaderno de la asociación El 100% no registra datos sobre el vigor de las plantas. El 100% registra datos sobre Sigatoka negra y lo hacen en formulario de la asociación y hojas sueltas.

TIPOS DE TECNICOS DE REPÚBLICA DOMINICANA

Grupo 1: Este grupo representa el 8,3 % de los encuestados. El 100% de los técnicos trabajan en el área de certificación. Tienen un promedio de 3 años asistiendo a la producción de banano o plátano de cualquier tipo. El 100% posee teléfonos Smartphone. El 100% acostumbra a conectarse a wifi gratuito en lugares sociales. El 100% tiene en su casa conexión a internet propia. El 100% utiliza el internet para consultar información técnica sobre el cultivo. El 50% caracteriza la señal de su internet en su zona de trabajo como de cobertura completa pero débil señal en algunos puntos. El 100% usa cada mes el internet para conseguir información sobre banano.

En cuanto a los registros productivos y financieros de las fincas bananeras, el 100% de los técnicos, no recibe el dato sobre racimos encintados. El 100% entra o archivo los datos en oficina utilizando papel. El 100% utiliza otro tipo de resumen/análisis de datos como responsabilidad. El 100% no recibe el dato del productor u otro delegado de cada finca. El 100% entrega el dato que toma o recibe a otra persona. El 100% prepara resúmenes de múltiples productores para certificación. El 100% recibe el dato sobre racimos cosechados de otro técnico. El 40% no manejo el dato en la oficina, el 20% archivo el dato en papel, y el 40% Entrego el dato que tomo o recibo a otra persona. En cuanto a registro certificaciones, el 100% entrega el dato que toma o recibe a otra persona. El 100% recibo el dato recibe el dato de otro técnico. El 100% no recibe el dato sobre los repelentes y pesticidas usados. El 100% de los técnicos no toma datos sobre las perdidas por el trip de la mancha roja y no tiene ningún contacto o responsabilidad con este dato. El 100% no maneja el dato en la oficina. El 100% de los técnicos no recibe el dato ya colectado sobre otras perdidas. El 100% no maneja el dato en la oficina. El 100% de los técnicos no toma el dato sobre Sigatoka negra y no tiene ningún contacto o responsabilidad con este dato. El 100% recibe el dato de otro técnico. El 100% no analiza o resume datos de varios productores en ningún momento del año.

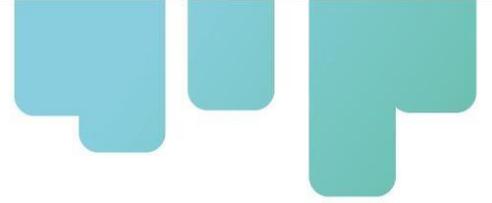


En cuanto a las estrategias de mejora continua y benchmarking, el 100% de los técnicos califica como peor el estado de los mejores productores que atiende hoy comparado con 5 años atrás. El 100% identifico los temas de mejora utilizando los datos presentados por la asociación. Para estar informados de los pronósticos de condiciones de tiempo o meteo para los próximos días, el 100% busca en programas radiales y en sitios de internet.

Grupo 2: Este grupo representa el 8,3% de los encuestados. El 100% de los técnicos trabajan en el área de producción. Tienen un promedio de 5 años asistiendo a la producción de banano o plátano de cualquier tipo. El 100% posee teléfonos Smartphone. El 100% acostumbra a conectarse a wifi gratuito en oficinas públicas. El 100% no acostumbra a conectarse a wifi gratuito. El 100% tiene en su casa conexión a internet propia. El 100% utiliza no utiliza el internet para asuntos de trabajo. El 100% caracteriza la señal de su internet en su zona de trabajo como de cobertura completa pero débil señal en algunos puntos. El 100% usa muy de vez en cuando el internet para conseguir información sobre banano.

En cuanto a los registros productivos y financieros de las fincas bananeras, el 100% de los técnicos, recibe el dato sobre racimos encintados del productor u otro delegado de cada finca. El 100% entra o archiva los datos en oficina utilizando papel. El 100% prepara resúmenes de volumen y calidad de producción. El 100% recibe el dato sobre racimos cosechados del productor u otro delegado de cada finca. El 100% archiva el dato en papel. El 100% prepara resúmenes de volumen y calidad de producción. El 100% recibe el dato ya colectado sobre la ratio racimos/caja del productor u otro delegado de cada finca. El 100% archiva el dato en papel. En cuanto a registro certificaciones, el 100% no maneja el dato en la oficina. El 100% recibe el dato sobre fertilizantes aplicados del productor u otro delegado de cada finca. El 100% recibe de otro técnico el dato sobre los repelentes y pesticidas usados. El 100% de los técnicos no toma datos sobre las perdidas por el trip de la mancha roja y no tiene ningún contacto o responsabilidad con este dato. El 100% de los técnicos no toma datos sobre las perdidas por el trip de la mancha roja y no tiene ningún contacto o responsabilidad con este dato. El 100% no maneja el dato en la oficina. El 100% de los técnicos no recibe el dato ya colectado sobre otras perdidas. El 100% no maneja el dato en la oficina. El 100% de los técnicos no toma el dato sobre Sigatoka negra, pero tiene otras responsabilidades en su manejo. El 100% recibe el dato del productor u otro delegado de cada finca. El 100% prepara resúmenes de múltiples productores para certificación.

En cuanto a las estrategias de mejora continua y benchmarking, el 100% de los técnicos califica como mejor el estado de los mejores productores que atiende hoy comparado con 5 años atrás. El 100% identifico los temas de mejora mediante Impresiones basadas en visitas a fincas. Para estar informados de los pronósticos de condiciones de tiempo o meteo para los próximos días, el 100% busca en sitios de internet.

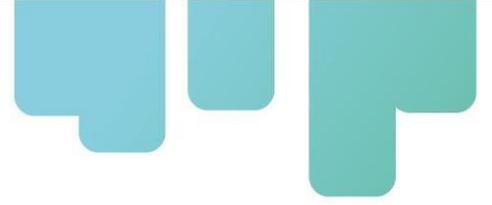


Grupo 3: Este grupo representa el 8,3% de los encuestados. El 100% de los técnicos trabajan en el área de producción. Tienen un promedio de 16 años asistiendo a la producción de banano o plátano de cualquier tipo. El 100% posee teléfonos Smartphone. El 100% no acostumbra a conectarse a wifi gratuito. El 100% no acostumbra a conectarse a wifi gratuito. El 100% tiene en su casa conexión a internet propia. El 100% utiliza no utiliza el internet para asuntos de trabajo. El 100% caracteriza la señal de su internet en su zona de trabajo como de cobertura completa y muy buena señal. El 100% usa diario el internet para conseguir información sobre banano.

En cuanto a los registros productivos y financieros de las fincas bananeras, el 100% de los técnicos, recibe el dato sobre encintado de racimos del productor u otro delegado de cada finca. El 100% entra o archiva los datos en oficina utilizando papel. El 100% no analiza o resume datos de varios productores en ningún momento del año. El 100% recibe el dato del productor u otro delegado de cada finca. El 100% archiva el dato en papel. El 100% no analiza o resume datos de varios productores en ningún momento del año. El 100% recibe el dato ya colectado sobre la ratio racimos/caja del productor u otro delegado de cada finca. El 100% archiva el dato en papel. En cuanto a registro certificaciones, el 100% no maneja el dato en la oficina. El 100% recibe el dato sobre fertilizantes aplicados del productor u otro delegado de cada finca. El 100% no recibe el dato sobre los repelentes y pesticidas usados. El 100% de los técnicos no toma datos sobre las pérdidas por el trip de la mancha roja y no tiene ningún contacto o responsabilidad con este dato. El 100% de los técnicos no toma datos sobre las pérdidas por el trip de la mancha roja y no tiene ningún contacto o responsabilidad con este dato. El 100% no maneja el dato en la oficina. El 100% de los técnicos no recibe el dato ya colectado sobre otras pérdidas. El 100% no maneja el dato en la oficina. El 100% de los técnicos no toma el dato sobre Sigatoka negra, pero tiene otras responsabilidades en su manejo. El 100% recibe el dato del productor u otro delegado de cada finca. El 100% no analiza o resume datos de varios productores en ningún momento del año.

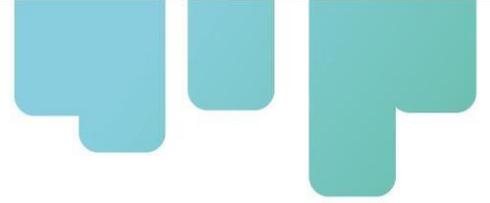
En cuanto a las estrategias de mejora continua y benchmarking, el 100% de los técnicos califica como peor el estado de los mejores productores que atiende hoy comparado con 5 años atrás. El 100% identifico los temas de mejora utilizando los comentarios de técnicos y productores. Para estar informados de los pronósticos de condiciones de tiempo o meteorológicos para los próximos días, el 100% no realiza ninguna consulta.

Grupo 4: Este grupo representa el 41,7% de los encuestados. El 40% de los técnicos trabajan en el área de producción, el 20% en certificación y el 40% en calidad. Tienen un promedio de 3.8 años asistiendo a la producción de banano o plátano de cualquier tipo. El 60% posee teléfonos Smartphone y el 40% posee teléfonos sencillos para llamada y texto. El 40% no acostumbra a conectarse a wifi gratuito, el 40% acostumbra a conectarse en oficinas públicas y el 20% se conecta en lugares sociales. El 60% tiene en su casa conexión a internet propia, y el 40% utiliza conexión a



internet prestada. El 60% utiliza el internet para consultar información técnica sobre el cultivo, el 20% utiliza el internet para guardar registros sobre el estado productivo de finca y el 20% lo usa para conseguir información técnica sobre el cultivo. El 40% caracteriza la señal de su internet en su zona de trabajo como de cobertura completa y muy buena señal, el 40% como de buena cobertura con algunos puntos sin cobertura, y el 20% como de cobertura incompleta o débil generalizada. El 60% usa muy de vez en cuando el internet para conseguir información sobre banano, el 20% lo usa cada semana y el 20% lo usa diario.

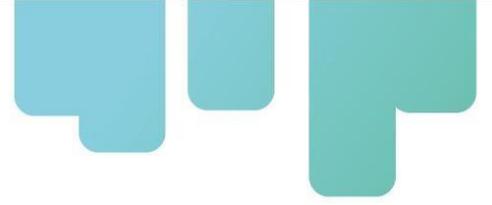
En cuanto a los registros productivos y financieros de las fincas bananeras, el 80% de los técnicos, recibe el dato sobre racimos encintados del productor u otro delegado de cada finca, y el 20% recibe el dato de otro técnico. En cuanto a los racimos cosechados, el 50% de los técnicos, recibe el dato del productor u otro delegado de cada finca. El 50% entrega el dato que toma o recibe a otra persona, entra o archivo los datos en oficina utilizando papel, y el 50% entrega el dato a otra persona, el 20% no manejo el dato en la oficina y el 20% archiva el dato en forma electrónica. El 40% no analiza o resume datos de varios productores en ningún momento del año, el 20% prepara resúmenes de volumen y calidad de producción y el 40% usa otro tipo de resumen/análisis de datos como responsabilidad. El 60% entrega el dato que toma o recibe a otra persona y el 40% no manejo el dato en la oficina. El 20% no analiza o resume datos de varios productores en ningún momento del año, el 40% prepara resúmenes de volumen y calidad de producción, y el 40% prepara resúmenes de múltiples productores para certificación. El 100% no recibe el dato, el 40% recibe el dato de otro técnico, y el 40% recibe el dato del productor u otro delegado de cada finca. El 50% archiva el dato en papel, y el 50% entrega el dato que toma o recibe a otra persona. En cuanto a registro certificaciones, el 40% archivo el dato en papel, y el 60% entrega el dato que toma o recibe a otra persona. El 50% recibe el dato sobre fertilizantes aplicados no recibe el dato, y el 50% recibe el dato el dato del productor u otro delegado de cada finca. El 20% no recibe el dato sobre los repelentes y pesticidas usados y el 80% recibe el dato de otro técnico. El 40% de los técnicos no toma datos sobre las pérdidas por el trip de la mancha roja y no tiene ningún contacto o responsabilidad con este dato, el 20% no toma el dato, pero tiene otras responsabilidades en el manejo, y el 40% toma dato como responsabilidad laboral. El 40% no maneja el dato en la oficina, el 20% archiva el dato en papel, y el 40% entrega el dato que toma o recibe a otra persona. El 60% de los técnicos no recibe el dato ya colectado sobre otras pérdidas, y el 40% recibe el dato de otro técnico. El 60% no maneja el dato en la oficina, el 20% archiva el dato en papel, y el 20% entrega el dato que toma o recibe a otra persona. El 80% de los técnicos no toma el dato sobre Sigatoka negra y no tiene ningún contacto o responsabilidad con este dato, y el 20% toma dato como responsabilidad laboral. El 20% recibe el dato del productor u otro delegado de cada finca, y el 80% recibe el dato de otro técnico. El 40% no analiza o resume datos de varios productores en ningún momento del año, el 20% prepara resúmenes de volumen y calidad de producción, y el 40% prepara resúmenes de múltiples productores para certificación.



En cuanto a las estrategias de mejora continua y benchmarking, el 40% de los técnicos califica como peor el estado de los mejores productores que atiende hoy comparado con 5 años atrás, el 20% lo considera igual, y el 40% lo considera mejor. El 80% identifico los temas de mejora mediante Impresiones basadas en visitas a fincas, y el 20% usando otros criterios. Para estar informados de los pronósticos de condiciones de tiempo o meteo para los próximos días, el 60% busca en sitios de internet, el 20% consulta la asociación, y el 20% utiliza otras fuentes de información.

Grupo 5: Este grupo representa el 16,7% de los encuestados. El 100% de los técnicos trabajan en el área de certificación. Tienen un promedio de 8.5 años asistiendo a la producción de banano o plátano de cualquier tipo. El 50% posee teléfonos Smartphone y el 50% posee teléfonos sencillos para llamada y texto. El 50% no acostumbra a conectarse a wifi gratuito, y el 50% acostumbra a conectarse en oficinas públicas. El 50% tiene en su casa conexión a internet propia, y el 50% utiliza conexión a internet prestada. El 50% utiliza el internet para guardar registros sobre el estado productivo de finca y el 50% lo usa para conseguir información técnica sobre el cultivo. El 50% caracteriza la señal de su internet en su zona de trabajo como de cobertura completa pero débil señal en algunos puntos, y el 50% como de cobertura completa y muy buena señal. El 50% usa muy de vez en cuando el internet para conseguir información sobre banano y el 50% lo usa cada mes.

En cuanto a los registros productivos y financieros de las fincas bananeras, el 50% de los técnicos, recibe el dato sobre racimos encintados del productor u otro delegado de cada finca, y el 50% no recibe el dato. El 100% no maneja el dato en la oficina. El 100% no analiza o resume datos de varios productores en ningún momento del año. El 50% no recibe el dato sobre racimos cosechados del productor u otro delegado de cada finca y el 50% recibe el dato de otro técnico. El 50% no maneja el dato en la oficina y el 50% archiva el dato en papel. El 50% no analiza o resume datos de varios productores en ningún momento del año, y el 50% prepara resúmenes de múltiples productores para certificación. El 50% no recibe el dato, y el 50% recibe el dato de otro técnico. El 50% no maneja el dato en la oficina y el 50% archiva el dato en papel. En cuanto a registro certificaciones, el 50% archiva el dato sobre racimos encintados en papel, y el 50% entrega el dato que toma o recibe a otra persona. El 50% recibe el dato sobre fertilizantes aplicados del productor u otro delegado de cada finca, y el 50% recibe el dato de otro técnico. El 50% no recibe el dato sobre los repelentes y pesticidas usados, y el 50% recibe el dato de otro técnico. El 100% de los técnicos no toma datos sobre las pérdidas por el trip de la mancha roja y no tiene ningún contacto o responsabilidad con este dato. El 100% no maneja el dato en la oficina. El 100% de los técnicos no recibe el dato ya colectado sobre otras pérdidas. El 100% no maneja el dato en la oficina. El 100% de los técnicos no toma el dato sobre Sigatoka negra y no tiene ningún contacto o responsabilidad con este dato.



El 50% recibe el dato del productor u otro delegado de cada finca, el 50% recibe el dato de otro técnico. El 100% prepara resúmenes de múltiples productores para certificación.

En cuanto a las estrategias de mejora continua y benchmarking, el 100% de los técnicos califica como mejor el estado de los mejores productores que atiende hoy comparado con 5 años atrás. El 50% identifico los temas de mejora mediante impresiones basadas en visitas a fincas, y el 50% usando otros criterios. Para estar informados de los pronósticos de condiciones de tiempo o meteo para los próximos días, el 50% busca en sitios de internet, y el 50% consulta en la asociación.

Grupo 6: Este grupo representa el 16,7% de los encuestados. El 100% de los técnicos trabajan en el área de producción. Tienen un promedio de 7.5 años asistiendo a la producción de banano o plátano de cualquier tipo. El 100% posee teléfonos Smartphone. El 100% no acostumbra a conectarse a wifi gratuito. El 100% tiene en su casa conexión a internet propia. El 100% utiliza el internet para consultar información técnica sobre el cultivo. El 100% caracteriza la señal de su internet en su zona de trabajo como de cobertura completa pero débil señal en algunos puntos. El 50% usa muy de vez en cuando el internet para conseguir información sobre banano y el 50% lo usa cada mes.

En cuanto a los registros productivos y financieros de las fincas bananeras, el 100% de los técnicos, recibe el dato sobre racimos encintados del productor o de otro delegado de cada finca. El 50% entra o archiva los datos en oficina utilizando papel, y el 50% entrega el dato a otra persona. El 50% no analiza o resume datos de varios productores en ningún momento del año, y el 50% prepara resúmenes de volumen y calidad de producción. El 100% recibe el dato sobre racimos cosechados del productor u otro delegado de cada finca. El 50% archiva el dato en papel y el 50% entrega el dato que toma o recibe a otra persona. El 50% no analizo o resumo datos de varios productores en ningún momento del año, y el 50% prepara resúmenes de volumen y calidad de producción. El 100% recibe el dato ya colectado sobre la ratio racimos/caja del productor u otro delegado de cada finca. El 50% archivo el dato en papel, y el 50% entrega el dato que toma o recibe a otra persona. En cuanto a registro certificaciones, el 50% archivo el dato en papel, y el 50% entrega el dato que toma o recibe a otra persona. El 50% no recibe el dato sobre fertilizantes aplicados, y el 50% recibe el dato de otro técnico. El 50% no recibe el dato sobre los repelentes y pesticidas usados, y el 50% recibe el dato de otro técnico. El 100% de los técnicos no toma datos sobre las perdidas por el trip de la mancha roja y no tiene ningún contacto o responsabilidad con este dato. El 50% no maneja el dato en la oficina y el 50% entrega el dato que toma o recibe a otra persona. El 100% de los técnicos no recibe el dato ya colectado sobre otras perdidas. El 100% entrega el dato que toma o recibe a otra persona. El 50% de los técnicos no toma el dato sobre Sigatoka negra y no tiene ningún contacto o responsabilidad con este dato, y el 50% toma el dato como responsabilidad laboral.



El 50% recibe el dato del productor u otro delegado de cada finca, y el 50% recibe el dato de otro técnico. El 100% no analiza o resume datos de varios productores en ningún momento del año.

En cuanto a las estrategias de mejora continua y benchmarking, el 100% de los técnicos califica como peor el estado de los mejores productores que atiende hoy comparado con 5 años atrás. El 50% identifico los temas de mejora utilizando los datos presentados por la asociación, y el 50% mediante Impresiones basadas en visitas a fincas. Para estar informados de los pronósticos de condiciones de tiempo o meteo para los próximos días, el 100% busca en sitios de internet.

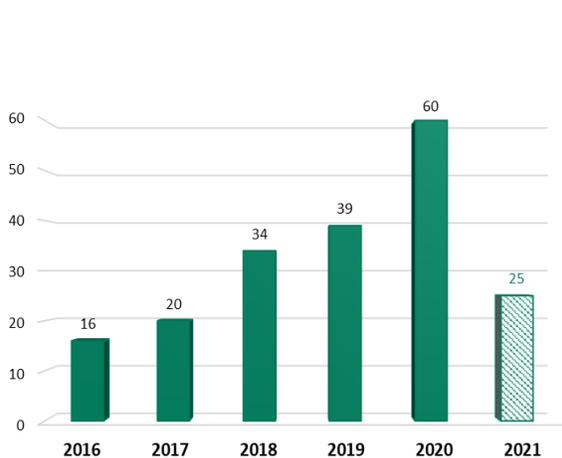
Análisis cuantitativo

A partir de los 194 artículos preseleccionados, debido a que en título y resumen del estudio se resaltaba el uso de datos meteorológicos, predicción de rendimiento o de crecimiento y soportaban una aplicación, se realizó el siguiente análisis de la producción científica:

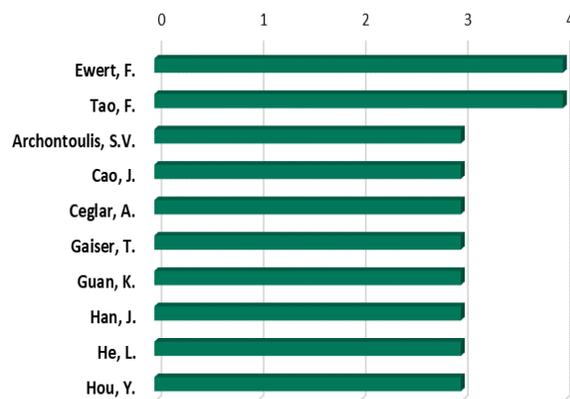
Indicadores de actividad y cuantitativos

En la **Figura 11** se presentan los principales indicadores de actividad en la cual se pueden apreciar la dinámica de publicaciones, autores (investigadores) y países líderes, así como instituciones y principales fuentes de consulta. Como punto importante a destacar es el marcado crecimiento en el número de publicaciones en los últimos cinco años donde la tasa de crecimiento promedio anual es del 9,3% y un tiempo promedio por publicación de 2 años.

Dinámica de publicaciones



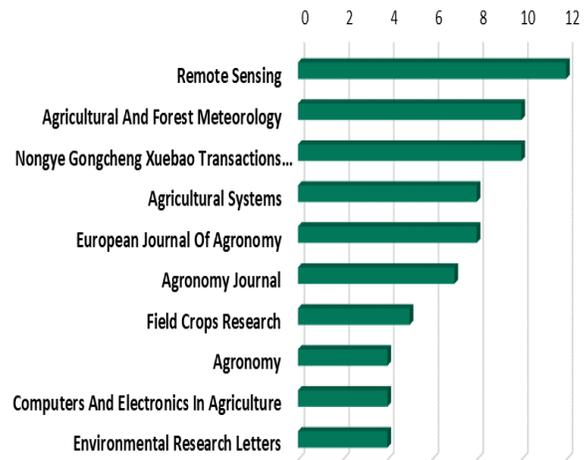
Investigadores líderes



Instituciones líderes



Principales fuentes de consulta



Países líderes

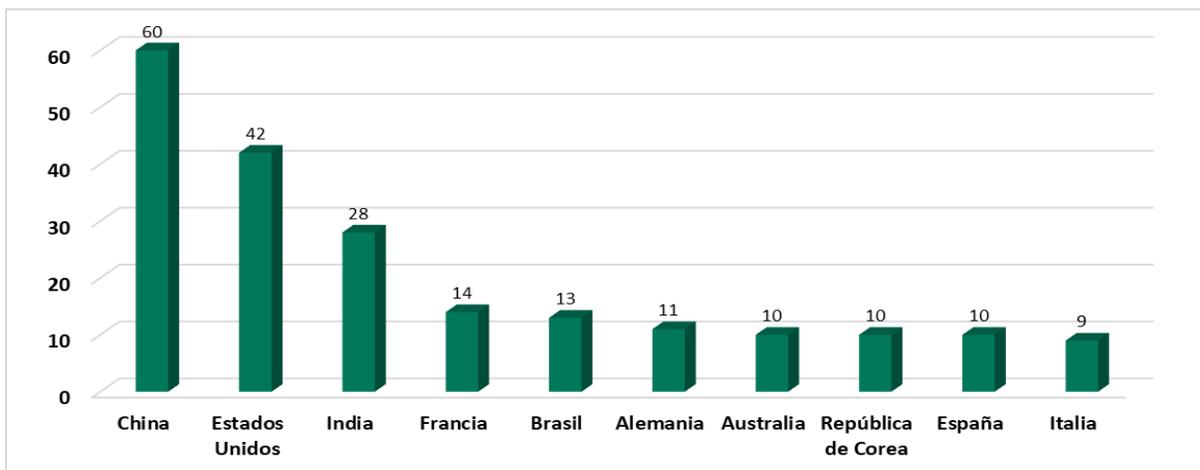
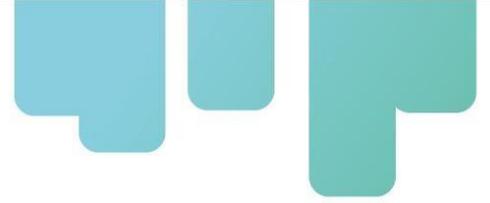


Figura 11. Indicadores claves de actividad (número de publicaciones). Fuente. Elaboración propia a partir de datos de Scopus®. Información recuperada en agosto de 2021. Software de procesamiento Excel®



Igualmente, se generaron indicadores cuantitativos que permiten verificar el impacto que ha generado la producción científica de artículos en el tema analizado, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 12. Indicadores generales de impacto del corpus analizado

Citaciones por publicación	9,9
Número de fuentes de consulta	105
Tiempo promedio para publicación	2,06
Citaciones promedio por documento	9,05
Citaciones promedio al año por documento	3,2
Número de referencias citadas	9.677
Número de palabras clave de autores	632
Número de documentos con un único autor	3
Número de documentos con múltiples autores	891
Número de documentos promedio por autor	0,22
Número de autores promedio por documento	3,72
Índice de colaboración	4,7

Fuente. Elaboración propia a partir de información recuperada de Scopus® y Web of Science®. Fecha de consulta agosto de 2021. Software de análisis Bibliometrix®

En la **Tabla 13** se identifican los autores con mayor número de publicaciones e impacto en la producción científica medida a través del índice H el cuál relaciona las publicaciones más citadas y el número de citas de cada una.

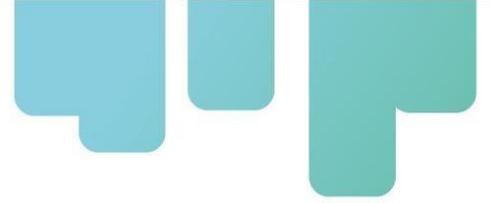


Tabla 13. Autores más relevantes con mayor impacto en producción científica

Autores	Afiliación Institucional	País	Artículos publicados	Citaciones recibidas	Índice H	Artículo más relevante
Ewert, F.	Universität Bonn	Alemania	4	159	3	The uncertainty of crop yield projections is reduced by improved temperature response functions
Tao, F.	Natural Resources Institute Finland	Finlandia	4	130	4	The uncertainty of crop yield projections is reduced by improved temperature response functions
Cao, J.	Beijing Normal University	China	3	60	4	Prediction of winter wheat yield based on multi-source data and machine learning in China
Archontoulis, S.V.	Iowa State University	Estados Unidos	3	32	3	A CNN-RNN Framework for Crop Yield Prediction
Ceglar, A.	European Commission Joint Research Centre	Bélgica	3	109	2	Impact of meteorological drivers on regional inter-annual crop yield variability in France
Gaiser, T.	Universität Bonn	Alemania	3	54	2	Modelling the impact of heat stress on maize yield formation
Guan, K.	University of Illinois	Estados Unidos	3	59	2	Improving maize growth processes in the community land model: Implementation and evaluation
Han, J.	Beijing Normal University	China	3	47	2	Prediction of winter wheat yield based on multi-source data and machine learning in China
He, L.	National Satellite Meteorological Center Beijing	China	3	23	3	Dynamic simulation of growth process of winter wheat in main production areas of China based on WOFOST model
Hou, Y.	National Satellite Meteorological Center Beijing	China	3	23	3	Dynamic simulation of growth process of winter wheat in main production areas of China based on WOFOST model

Fuente. Elaboración propia a partir de información recuperada de Scopus® y Web of Science®. Fecha de consulta agosto de 2021. Software de análisis Bibliometrix®

La fuente de consulta con mejor tendencia de crecimiento en el tema de predicción de rendimiento es la revista *Remote sensing* y las fuentes con más impacto (mayores índice H) han sido *Agricultural And Forest Meteorology*, *Agricultural Systems*, *European Journal Of Agronomy*, *Nongye Gongcheng Xuebao Transactions Of The Chinese Society Of Agricultural Engineering* y *Remote sensing* (**Figura 12**)

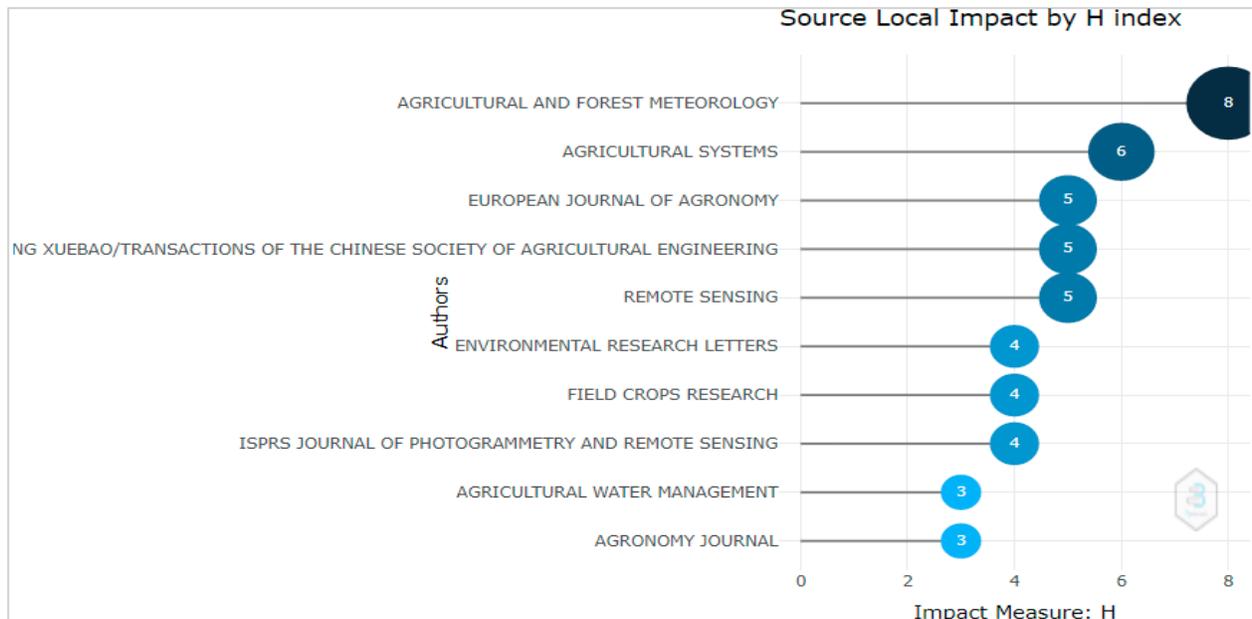


Figura 12. Principales fuentes de consulta con mejor impacto. Fuente. Elaboración propia a partir de información recuperada de Scopus® y Web of Science®. Fecha de consulta agosto de 2021. Software de análisis Bibliometrix®

Indicadores de coocurrencia

Por medio de un análisis de flujo cruzado a partir de un gráfico de Sankey donde se relacionan países, instituciones y palabras claves se pueden identificar tópicos relevantes en el corpus analizado. Es así como, China a través de las afiliaciones institucionales con la China Agricultural University y Nanjing agricultural University genera el mayor número de publicaciones relacionadas con aplicativos y modelos de predicción de rendimiento más específicamente con sensores remotos, análisis de crecimiento vegetal y machine learning en función de la humedad del suelo con el fin de dar manejo al estrés hídrico. Estados Unidos, a través de las Universidades de Florida, Illinois y Wisconsin han investigado en los temas de deep learning, sensores remotos, arboles de decisión y radiometría. El tercer flujo importante lo constituye el país de Francia con el CIRAD y la Universidad de Montpellier con desarrollos en sensores remotos, utilización de algoritmos simples, pronósticos de impactos agrometeorológicos y técnicas de regresión comparativas para determinar respuestas de rendimiento (**Figura 13**).

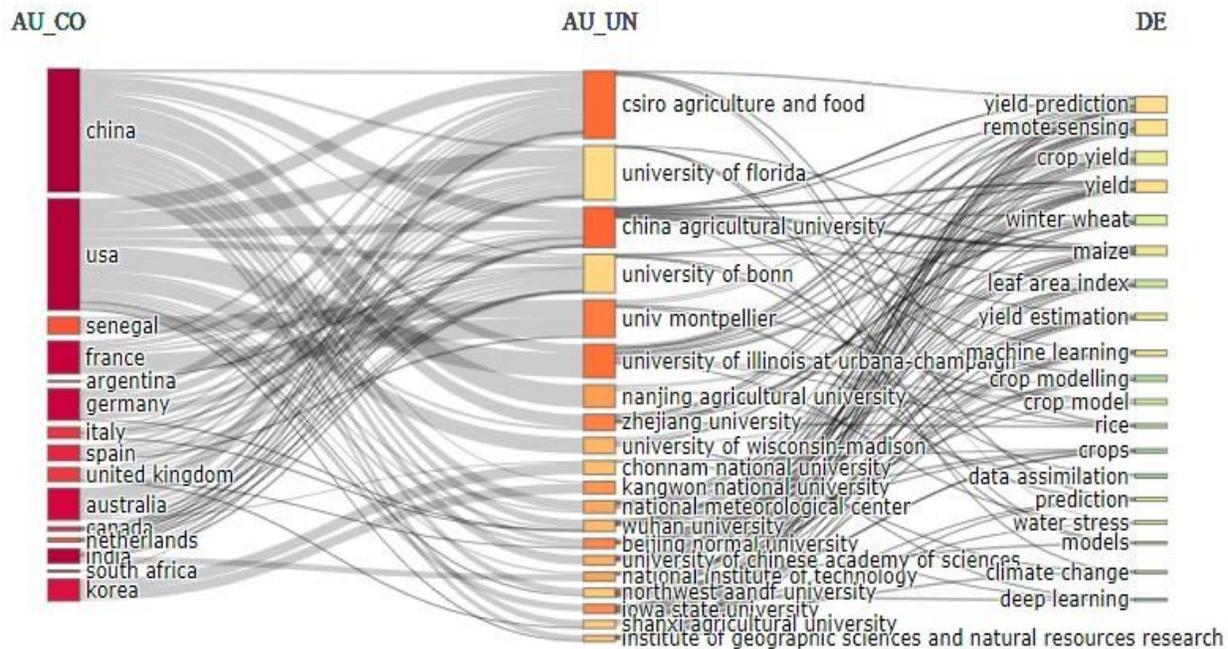


Figura 13. Gráfico Sankey: Principales países e instituciones relacionadas con aplicativos de predicción de rendimiento. Fuente. Elaboración propia a partir de información recuperada de Scopus® y Web of Science®. Fecha de consulta agosto de 2021. Software de análisis Bibliometrix®

En la **Figura 14** se puede apreciar un mapa de densidad con base en la coocurrencia de palabras clave donde se pueden evidenciar tópicos con mayor y menor relevancia en el tema mostrado a su vez clústeres de focalización de la investigación. Este mapa muestra a través de una escala colorimétrica la densidad de ocurrencia de palabras claves donde el color rojo muestra tópicos altamente desarrollados, el amarillo tópico con mediano desarrollo y el color verde, tópicos de frontera con desarrollo específico.

En el color rojo son predominantes la utilización de sensores remotos, modelos climáticos, análisis de regresión múltiples, análisis espacio temporal, aprendizaje automático (machine learning), árboles de decisión, análisis de desarrollo fenológico de cultivo e índices de vegetación. Los tópicos medianamente desarrollados mostrados en color amarillo comprenden: predicción de rendimiento a través del análisis con el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), datos de humedad de suelo y temperatura, métodos probabilísticos de análisis de la incertidumbre. En verde son recurrentes los temas de análisis espacio temporales, regresiones lineares múltiples, utilización de drones, análisis de series de tiempo e imágenes satelitales.

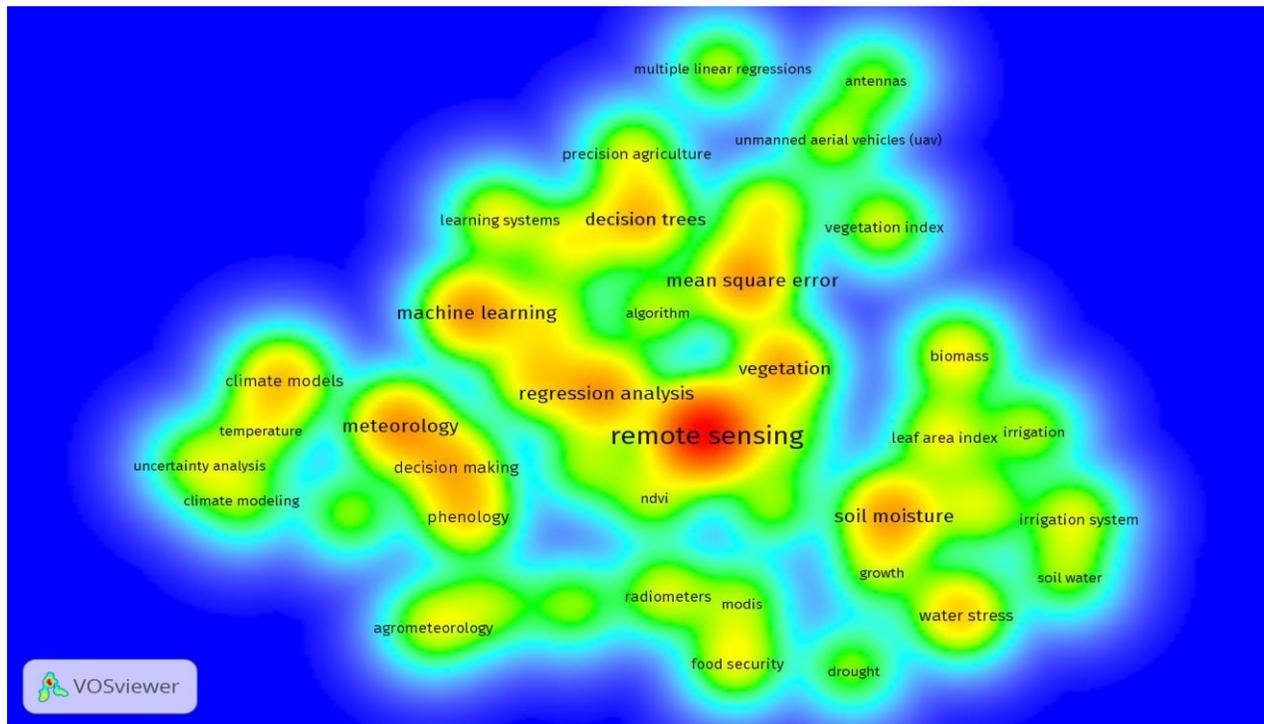
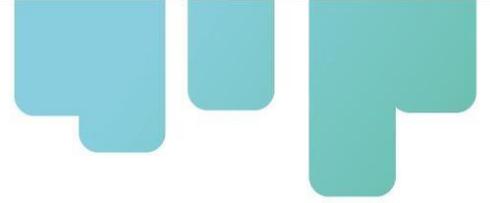


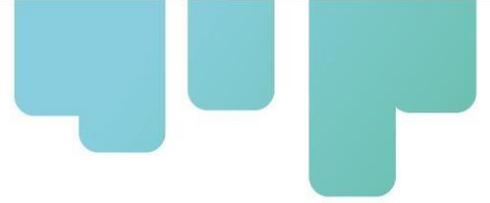
Figura 14. Mapa de densidad de coocurrencia de palabras clave. Fuente. Elaboración propia a partir de información recuperada de Scopus® y Web of Science®. Fecha de consulta agosto de 2021. Software de análisis Vosviewer®

Mapa temático de tendencias

En la **Figura 15** y **tabla 14** se presenta el mapa temático de categorización de tópicos para el área temática de aplicativos para la predicción de rendimiento. Este mapa representa espacialmente tópicos de tendencia a través de la correlación de palabras clave y visualizados en clústeres, los cuales se agrupan en 4 categorías:

Tópicos Motor: Son aquellos tópicos que se ubican en el cuadrante superior derecho, los cuales se caracterizan por una alta importancia en el tema de investigación (centralidad) y un alto desarrollo del tema (densidad).

Tópicos Base o transversales: Son aquellos tópicos que se ubican en el cuadrante inferior derecho, los cuales se caracterizan por tener una importancia media y alto desarrollo.



Tópicos emergentes o decadentes: son aquellos tópicos en el cuadrante inferior izquierdo cuya importancia y desarrollo aún es baja y puede estar asociada a un tópico relativamente nuevo o un tópico que ha perdido relevancia.

Tópicos altamente desarrollados: son aquellos tópicos en el cuadrante superior izquierdo que cuenta con un alto desarrollo, pero aún su importancia global es baja.

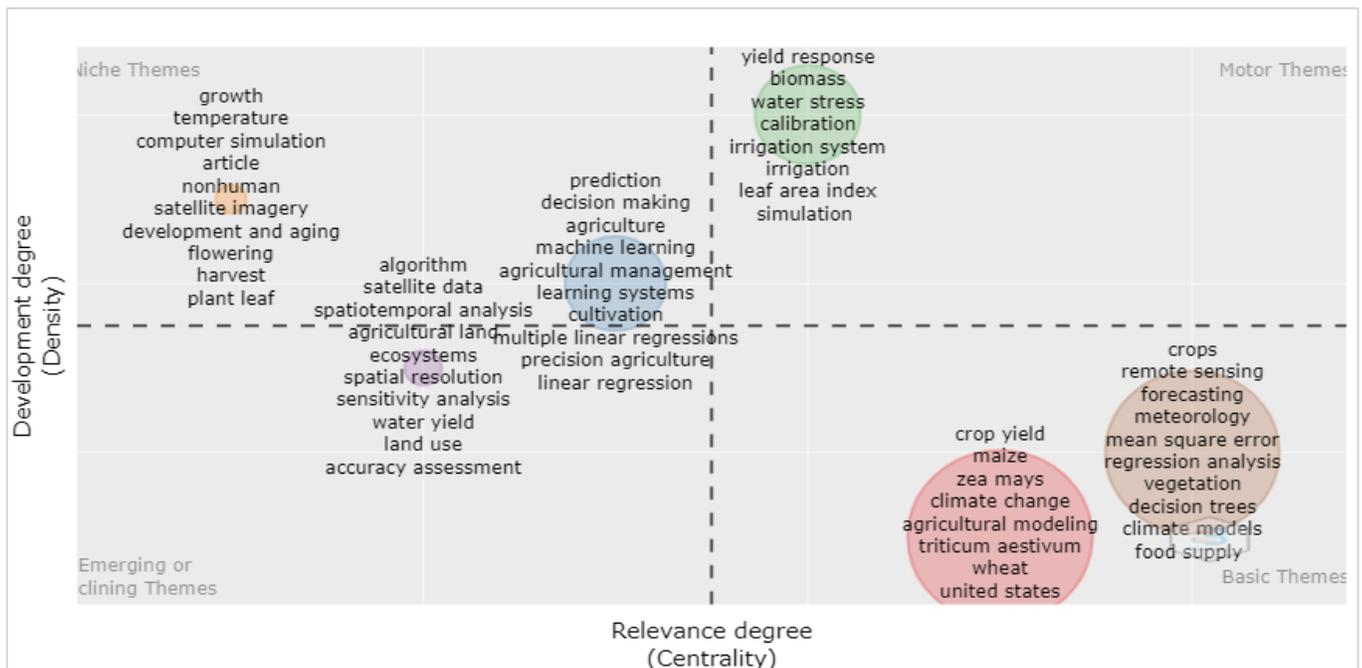
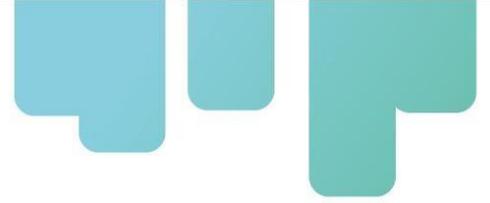


Figura 15. Mapa temático de distribución de tópicos. Fuente. Elaboración propia a partir de información recuperada de Scopus®. Fecha de consulta agosto de 2021. Software de análisis Bibliometrix®

Tabla 14. Explicación de los tópicos tratados por cada cuadrante del Mapa temático de distribución de tópicos.

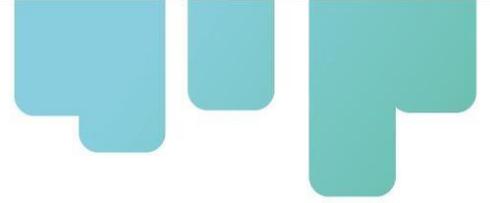


Tópicos Altamente desarrollados (cuadrante superior izquierdo)	Tópicos Motor (cuadrante superior derecho)
Predicción basada en sistemas de aprendizaje automático (machine learning) Agricultura de precisión Análisis de imágenes de satélite para determinar crecimiento, desarrollo, floración, índices de cosecha, edad fenológica y área foliar	Modelos de simulación para predicción de rendimiento con base en la medición de índice de área foliar y medición de biomasa Simulación de crecimiento y rendimiento y optimización de riego bajo condiciones de estrés hídrico
Tópicos emergentes o decadentes (cuadrante inferior izquierdo)	Tópicos Transversales (cuadrante inferior derecho)
Análisis de resolución espacial Análisis espacio temporal Predicción por interpretación de datos satelitales Aplicación de algoritmos Evaluación de uso del suelo	Sensores remotos Análisis por árboles de decisión Pronósticos agrometeorológicos Análisis de regresión

Aplicativos o modelos similares en el mercado.

Como resultado de la revisión de los 152 artículos que hicieron parte del corpus final de registros del estudio de vigilancia científica, dado que se logró contar con la versión completa de estos artículos y claramente hacían uso de algún tipo de modelo o aplicativo que integra datos meteorológicos para estimar o predecir algún indicador de cultivo, se encontró que hay diferentes tipo de modelos y grados de desarrollo o validación de estos, además que su aplicación se ha realizado en diferentes cultivos, siendo escasos los empleados en el cultivo de banano y plátano (**Tabla 15**). La clasificación del tipo de modelo se hizo en cuatro: software, modelo de pronóstico, modelo de simulación y modelo estadístico o matemático.

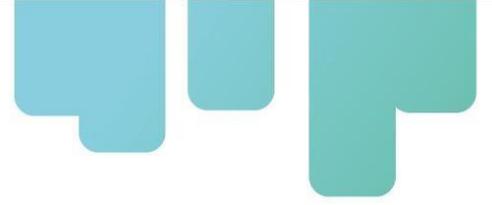
Tabla 15. Resumen de modelos o aplicativos encontrados según análisis cuantitativo realizado.



Tipo de modelo	# Artículos en donde se hace mención	Nombre del modelo o aplicativo	Cultivos en donde fue probado
Software	3	CROPWAT	Banano y arroz
		Yield Predictor for Rainfed Areas (YPRA)	Maíz y arroz
Modelo de pronóstico	5	SIMBA	Banano
		INSEY	Trigo
		Crop-SI	Canola, trigo y cebada
		InVEST	
		Sistema experto en banano basado en la web semántica	Banano
Modelo de simulación	37	Modelo AAB	Plátano
		AquaCrop	Frijol, pasto, arveja, maíz, soja
		WOFOST	Caña de azúcar, trigo, cebada, maíz, girasol, yuca, etc
		CERES	Trigo y maíz
		CropSyst	Maíz
		Se han realizados estimaciones empleando los siguientes modelos a datos recolectados: Modelos de red neuronal. Modelos de regresión de mínimos cuadrados ponderados Componentes principales Regresiones lineares múltiples	Maíz, trigo, caña de azúcar, café, soya, té, espárrago, papa, arroz, cebada, algodón, frijol, etc.
Modelo estadístico o matemático	108		

Con el fin de especificar las características de los aplicativos, modelos matemáticos o plataformas de cálculos que se reportan en la literatura consultada, a continuación, se hace una breve explicación de los principales modelos encontrados.

Yield Predictor for Rainfed Areas (YPRA) es una aplicación de software de escritorio. YPRA predice el rendimiento de una sola ubicación, así como de varias ubicaciones, basado en RPEI (Índice de eficiencia de producción relativa). El RPEI se rige por varios parámetros fisiográficos, físicos y químicos del suelo, biológicos y climáticos fácilmente determinables. YPRA ayudara a promover una agricultura resiliente al clima al trazar una planificación de contingencia de cultivos adecuada para enfrentar condiciones climáticas abruptas (Sharma et al., 2019).



INSEY (in-season estimated yield) o Modelo de rendimiento estimado estacional es empleado para predecir el potencial de rendimiento de grano (YP). Se calcula dividiendo el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) en unos estadios de crecimiento específicos para el cultivo que se esté evaluando, entre los grados-días de crecimiento (GDD), como se muestra en la siguiente ecuación para el cultivo de trigo:

$$\text{INSEY} = \text{NDVI at } (FK_4 + FK_5) / \text{GDD at } FK_4$$

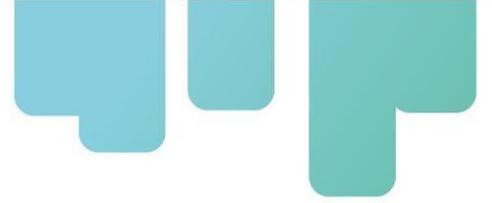
Donde GDD, es calculado como $((T_{\max} + T_{\min} / 2) - T_{\text{base}} > 0)$ con T_{\max} , T_{\min} y T_{base} definidos como temperaturas máximas diaria, mínima diaria y base (4,4 °C), respectivamente (Aula et al., 2021).

Crop-SI es un modelo semi-empírico para estimar el rendimiento de canola, trigo y cebada en Australia. Crop-SI combina una descripción de detección remota de la fijación de carbono de las plantas durante la temporada de crecimiento con índices de estrés derivados de datos meteorológicos en las etapas críticas de crecimiento de los cultivos. (p. ej., antesis y relleno de granos) (Yang et al., 2020).

InVEST es un conjunto de modelos de software de código abierto gratuitos que se utilizan para mapear y valorar los bienes y servicios de la naturaleza que sustentan y satisfacen la vida humana, por ejemplo, se encuentra el modelo de rendimiento hídrico anual. InVEST fue desarrollado por Natural Capital Project en la Universidad de Standford. Los modelos InVEST se basan en funciones de producción que definen cómo es probable que los cambios en la estructura y función de un ecosistema afecten los flujos y valores de los servicios de los ecosistemas en un paisaje terrestre o marino (Stanford University. 2021; Belete et al., 2020).

AquaCrop es un modelo de simulación de crecimiento de los cultivos desarrollado por la División de Tierras y Aguas de la FAO para evaluar el impacto del medio ambiente y la gestión de los cultivos sobre la producción, incluidos escenarios de cambio climático, en función del consumo de agua (FAO. 2021a). El modelo tiene cuatro submodelos: 1) el submodelo climático, que requiere temperaturas del aire máximas y mínimas diarias, lluvia, evapotranspiración de referencia (ET_o) y la concentración media anual de dióxido de carbono en la atmósfera general; 2) el balance hídrico del suelo; 3) el desarrollo fenológico del cultivo, crecimiento y rendimiento final; y 4) el submodelo de gestión que combina la aplicación de agua y los niveles de fertilización (Akinbile et al., 2020). AquaCrop puede simular la producción diaria de biomasa y el rendimiento final de cultivos herbáceos de un solo ciclo de crecimiento. El modelo asume que el campo es uniforme sin diferencias espaciales en el desarrollo del cultivo, transpiración, características del suelo o manejo. Solo se consideran los flujos de agua verticales entrantes (lluvia, riego y capilaridad) y salientes (evaporación, transpiración y percolación profunda) (FAO. 2021a).

Modelo de simulación de World Food Studies (WOFOST), para el análisis cuantitativo del crecimiento y la producción de cultivos de campo anuales (cultivos herbáceos). Cuantifica el



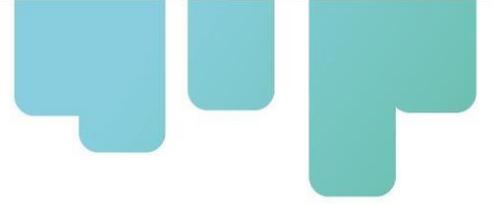
crecimiento de los cultivos sobre la base de los procesos subyacentes, como la fotosíntesis, la respiración y cómo estos procesos son influenciados por condiciones ambientales. WOFOST distingue tres niveles de producción de cultivos: producción potencial (determinada por la variedad de cultivo, radiación y temperatura), *producción alcanzable (limitada)* (tienen en cuenta, además de la radiación, la temperatura y las características de las plantas, también los efectos de la disponibilidad de agua y nutrientes de las plantas), y *producción real (reducida)* (tiene en cuenta, además de los factores considerados en la *producción limitada*, la posible reducción del rendimiento de los cultivos por factores principalmente bióticos como malezas, plagas y enfermedades) (FAO. 2021b).

CERES (Crop-Environment REsource Synthesis) simula el crecimiento de los cultivos en respuesta al clima, el suelo, el manejo, el balance hídrico, el balance de nitrógeno y los genotipos (Akinbile et al., 2020). Los modelos CERES se han probado para cultivos como maíz, trigo, soja, maní, arroz, papa, tomate, frijol seco, sorgo, mijo, pasto, garbanzo, caupí, frijol terciopelo, pasto Brachiaria y habas (Quantitative Plant. 2021). Los modelos CERES simulan bastante bien el rendimiento del grano, desarrollo fenológico, biomasa aérea, el índice de cosecha, evapotranspiración y el agua del suelo. Las otras variables que calcula, aunque menos precisas son número de granos, peso de grano, radiación fotosintéticamente activa interceptada (IPAR), índice de área foliar (LAI), temperatura del suelo y la dinámica del nitrógeno (N) (Basso et al., 2016).

CropSyst es un modelo de simulación aplicado a varios cultivos (maíz, trigo, cebada, soja, sorgo y altramuces) y regiones (oeste de EE. UU., Sur de Francia, norte y sur de Italia, norte de Siria, norte de España y oeste de Australia) (FAO. 2021c). Datos sobre el clima, el suelo y los insumos agrícolas se utilizan para simular el crecimiento y estimar la productividad de los cultivos en diversas prácticas de manejo (por ejemplo, operaciones de labranza) y según las condiciones del agua y nutriente (Mangani et al., 2018). El desarrollo del cultivo se simula en función del tiempo térmico necesario para alcanzar etapas de crecimiento específicas. El crecimiento diario de los cultivos se expresa como aumento de biomasa por unidad de superficie terrestre. El modelo tiene en cuenta cuatro factores que limitan el crecimiento de los cultivos: agua, nitrógeno, luz y temperatura (FAO. 2021c).

Los modelos anteriormente descritos han sido empleados en cultivos diferentes al banano y/o plátano. No obstante, aunque escasos, a continuación, se describen los modelos que han sido empleados o creados específicamente para este cultivo.

CROPWAT es un sistema de apoyo a la toma de decisiones desarrollado por la División de Desarrollo de Tierras y Aguas de la FAO para el cálculo de los requisitos de agua y de riego de los cultivos en función de los datos del suelo, el clima y los cultivos. Además, el programa permite el desarrollo de programas de riego para diferentes condiciones de manejo y el cálculo del suministro de agua para diferentes patrones de cultivo. Se puede utilizar para evaluar las prácticas



de riego de los agricultores y estimar el rendimiento de los cultivos tanto en condiciones de secano como de regadío (Toro-Trujillo et al. 2016; Akinbile et al., 2020; FAO. 2021d).

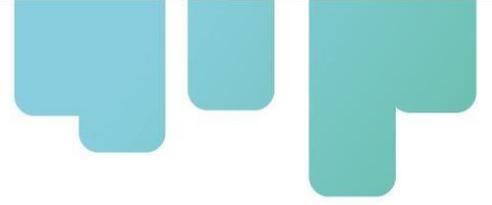
El modelo SIMBA fue construido para predecir patrones fenológicos y dinámica de cosecha en sistemas de cultivo de plátano. El clima (lluvia, temperatura, radiación solar) y las propiedades del suelo son parámetros de entrada necesarios para correr el modelo. Las características climáticas y del suelo se combinan con reglas de decisión que describen las prácticas agrícolas según el calendario y que son representadas mediante variables de control y umbrales (Tixier *et al.*, 2008). SIMBA incluye sub-modelos que simulan: el crecimiento (SIMBA-GROW), estructura de la población (SIMBA-POP), propiedades físicas del suelo (SIMBA-SOIL), balance de agua (SIMBA-WAT), densidad de población de nematodos (SIMBA-NEM) y dinámica del nitrógeno en el suelo (SIMBA-N) (Tixier et al. 2004; Guarín y Ochoa. 2011).

“Sistema experto en banano basado en la web semántica” utiliza algoritmos de aprendizaje automático para proporcionar asesoramiento experto a los usuarios finales. El sistema tiene dos módulos: 1) Módulo de asesoramiento de expertos, que toma ciertos detalles / atributos de los usuarios finales, con respecto a su cultivo y proporciona medidas de manejo, por ejemplo se puede hacer una evaluación del rendimiento el cual utiliza el algoritmo de optimización de búsqueda de Cuckoo para estimar el rendimiento de cada variedad de cultivo; y 2) el módulo del sistema de información que proporciona información sobre variedades, plagas, pesticidas, síntomas y enfermedades del cultivo de banano (Puvvada and Prasad. 2018).

Modelo AAB es un modelo de crecimiento basado en procesos que tiene en cuenta las características específicas del cultivo de plátano que incluye parámetros que afectan el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento. Este modelo se evaluó en cinco variedades de plátanos comúnmente cultivados en Camerún (Batard, Big Ebanga, Essong, French clair y Mbouroukou (n°3) y cuatro híbridos de plátano (CRBP39, D248, D535 y FHIA21). Los parámetros que describen la conversión de la radiación interceptada en materia seca se evaluaron mediante el ajuste del modelo. La eficiencia fotosintética fue significativamente mayor para los plátanos cultivados comúnmente que para los híbridos. El modelo simuló de manera realista el desarrollo, crecimiento y producción de racimos para cinco variedades (Dépigny et al. 2016).

Por otra parte, se lograron identificar algunas plataformas de cálculos que apoyan la toma de decisiones para el manejo del cultivo de plátano y banano en las regiones productoras de Colombia, entre ellas están:

ALCLIMA, que fue la primera plataforma de buenas prácticas climáticas en Colombia, la cual inició en el 2015. Con esta innovación se le dio al país una herramienta de coordinación e intercambio de ideas en cambio climático para que los líderes de todo el territorio compartan sus iniciativas transformadoras y sigan construyendo una comunidad de inspiración y liderazgo en cambio

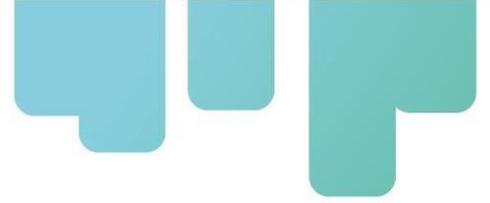


climático. ALCLIMA es el resultado de un trabajo entre distintos líderes colombianos de todos los sectores del país quienes participaron en un Laboratorio de Acción Climática “ACTION LAB” organizado por la Alianza Clima y Desarrollo (CDKN) y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Los participantes del ACTION LAB idearon nuevas formas de coordinar acciones para enfrentar el cambio climático y desarrollaron el prototipo de coordinación ALCLIMA. Esta iniciativa, pionera en el país, contó con el apoyo de SEMANA Sostenible, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Alianza Clima y Desarrollo (CDKN), la Sociedad Portuaria Regional de Cartagena y el INVEMAR (Alianza clima y desarrollo, 2021).

El IDEAM es una institución pública de Colombia, de apoyo técnico y científico al Sistema Nacional Ambiental, que genera conocimiento, produce información confiable, consistente y oportuna, sobre el estado y las dinámicas de los recursos naturales y del medio ambiente, que facilita la definición y ajustes de las políticas ambientales y la toma de decisiones por parte de los sectores público, privado y la ciudadanía en general. Esta institución reporta para todo el país datos hidrometeorológicos con históricos de más de 30 años (IDEAM, 2021).

El Portal Banasoft desarrollado para productores de banano afiliados a C.I. Técnicas Baltime de Colombia S.A., es una herramienta tecnológica que les permite obtener información actualizada sobre calidad de la fruta que produce para exportación, producción, embarques y reportes relativos a la misma, para una mejor gestión de sus fincas y cultivos, así como datos climáticos y la gestión de esta para el manejo eficiente de los recursos suelo y agua (Tebaco, 2021).

Sistema experto M.A.P.A, creado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) en el 2013, como parte de una herramienta tecnológica que contribuye con conocimiento experto, al aumento de la capacidad local de tomar decisiones encaminadas a mejorar la adaptación de los sistemas productivos al cambio y la variabilidad climática. Ésta herramienta se concibió como una plataforma de aprendizaje con enfoque de agricultura climáticamente inteligente, compuesta por tres módulos: el módulo A ó “SE-MAPA Estudiemos el territorio”, contiene los resultados más relevantes del proyecto MAPA, con el objetivo de fortalecer la capacidad técnica de los asistentes técnicos; el módulo B ó “Cálculo de Agua - Rendimiento”, permite de manera pedagógica la estimación de las tendencias de agua - rendimiento en cultivos como: tomate, papa, plátano, cacao, maíz y frijol, entre otros, utilizando datos climáticos y suelos, propios o los contenidos de manera demostrativa de algunas estaciones meteorológicas a lo largo del territorio nacional, en años de clima contrastante (periodos El Niño, La Niña y neutralidad); el módulo C ó “Glosario Especializado”, contiene un catálogo de expresiones ampliamente utilizado en el esquema del proyecto MAPA (Agrosavia, 2021).



- **PRODUCTO 5.** Webinar del taller de arranque del proyecto.

Se contó con la participación de 87 personas, de nueve países diferentes. Los participantes fueron productores, extensionistas, académicos (Docentes, estudiantes, instructores, aprendices), entre otros. En total participaron 29 instituciones diferentes entre las cuales se puede destacar al Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-INTA, APIGRANJA, Ministerio de Agricultura de República Dominicana, Bananotecnia, UTESA, Alcaldía de Zapayán, Asociación de pequeños productores la Santa Cruz, Fairtrasa Peru S.A., Centro empresarial tecnológico agroindustrial pecuario y turístico Sena, Agroexport, Coogronevada, CI bananasan S.A.S, entre otras.

Simultáneamente, el evento se transmitió por YouTube, en donde se contó con la participación de 49 asistentes en el momento de la transmisión. En esta última plataforma, hasta el 6 de julio de 2021, se han realizado 570 reproducciones o vistas, y en la red social Facebook, donde también se divulgó el evento, se cuenta con 19 reacciones y se ha compartido 2 veces.

Actividad 1.4. Estudio para el diseño de la versión inicial de la aplicación

- **PRODUCTO 6.** Monografía de diseño técnico de la aplicación.

En este producto se detalla cada uno de los algoritmos que son necesarios para el aplicativo funcione. Vale la pena resaltar que los seis productos del componente 1 fueron entregados a SAT de Fontagro. El sistema fue diseñado de tal manera que requiere mínima intervención humana. De manera general, el aplicativo funciona dado que se extraen automáticamente datos climáticos de los servidores de las estaciones meteorológicas. Estos se almacenan en una base de datos propia en la nube; se realiza un pre-procesamiento de estos datos; en el servidor, se ejecutan los cálculos de los indicadores; y finalmente se provee información al usuario a través de un dispositivo informático. Detrás del aplicativo, existen muchos algoritmos que hacen posible su funcionamiento, todos ellos fueron construidos bajo el framework Flask de Python. Flask es un módulo de Python que permite desarrollar aplicaciones web de manera intuitiva. La siguiente figura ilustra los componentes y el proceso general del funcionamiento de la App:

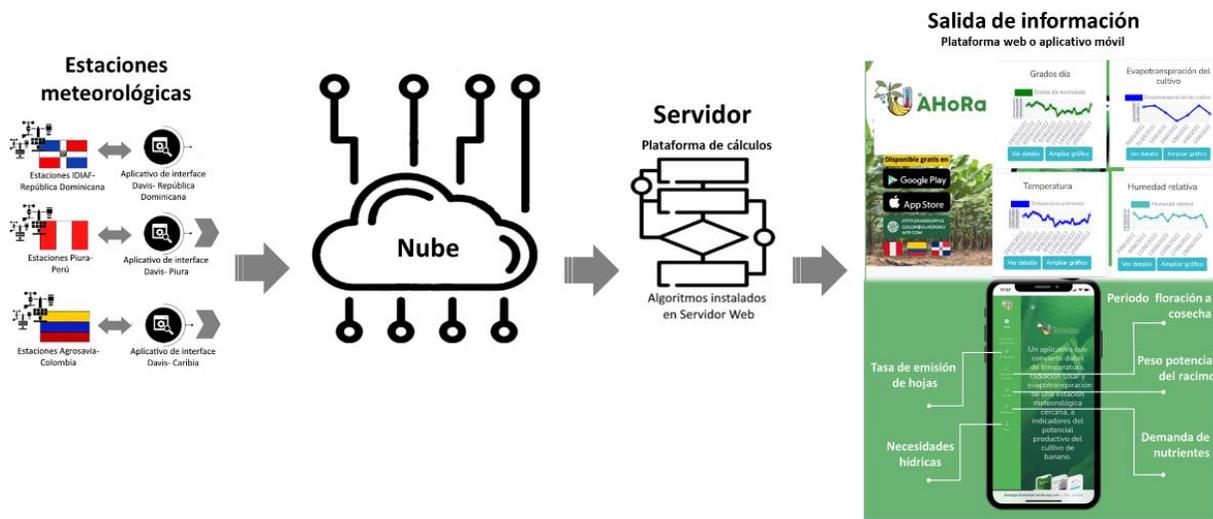


Figura 16. Componentes fundamentales de la App °AHOra

COMPONENTE 2. DESARROLLAR UN ESTUDIO PARA LA VERSIÓN DEMO, CON FUNCIONALIDADES GENERALES.

Actividad 2.2. Desarrollo de un estudio para la versión Demo de la aplicación

- **PRODUCTO 7.** Manual operativo de la aplicación en su versión Demo.

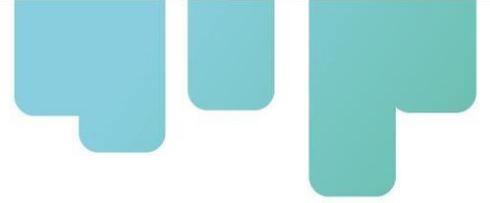
Este producto reportó como resultado el manual de la versión Demo 1.0, que guía al usuario en el uso de esta versión.

Actividad 2.3. Estudio de prueba de la aplicación Demo en campos de productores.

- **PRODUCTO 8.** Talleres de capacitación realizados para mostrar el manejo de la aplicación a los productores en las zonas de prueba.

Se realizaron 13 talleres presenciales (seis en Colombia, tres en República Dominicana y cuatro en Perú), con el fin de presentar la versión Demo 1.0 del aplicativo a productores, técnicos y directivos de asociaciones o cooperativas de banano y plátano. Los objetivos específicos perseguidos por cada uno de los talleres realizados fueron:

- Introducir el proyecto “°AHOra: Aplicativo para productores familiares de Musáceas”.
- Dar a conocer la importancia de los registros climáticos en la productividad del banano.
- Presentar las características del Aplicativo °AHOra, en su versión Demo.
- Recibir sugerencias y comentarios sobre la versión Demo del aplicativo, de parte de los potenciales usuarios, para realizar ajustes que permitan llegar a la versión pro del aplicativo.



- **PRODUCTO 9.** Encuestas realizadas sobre la modalidad en que productores y técnicos integran la versión Demo en el análisis del manejo de sus campos de banano.

Una vez realizada la encuesta a los 77 participantes seleccionados (Colombia 25 personas, República Dominicana 32 participantes y Perú 20 encuestados), para hacer uso de la versión Demo 2.0 de la App °AHOra, se tabularon los resultados y se graficaron con el fin de identificar la percepción de los usuarios de la aplicación °AHOra. A continuación, se presentan los resultados obtenidos por cada una de las preguntas realizadas:

FUNCIÓN 1: TASA POTENCIAL DE EMISIÓN DE HOJAS

Dado que los productores de musáceas no acostumbran a medir la tasa de emisión de hojas de las plantas como un indicativo del buen estado de desarrollo del cultivo y como un factor clave para el llenado del racimo, el proyecto °AHOra desarrolló esta primera función. La aplicación permite conocer la tasa de emisión de hojas en los meses cercanos a la floración, lo cual está sujeto a la fecha de consulta del usuario. Este dato le indica al productor si tendrá o no un buen llenado del racimo. Si la tasa de emisión de hojas es baja, deberá tomar la decisión informada de hacer mejor manejo del sistema productivo, mediante la implementación de prácticas culturales, manejo eficiente de la fertilización integrada, manejo integrado de plagas y enfermedades, entre otros.

A los productores seleccionados para ensayar la versión Demo 2.0 del aplicativo se les hizo tres preguntas: 1) ¿Es clara la información brindada sobre el potencial de emisión hojas? (**Figura 17**), 2) ¿Los resultados son de utilidad para usted? (**Figura 18**), y 3) ¿Seguirá utilizando la aplicación para la estimación de la tasa potencial de emisión hojas? (**Figura 19**). Se observó que en general las respuestas para las tres preguntas están concentradas en el nivel 3 y 4, es decir, los usuarios están totalmente de acuerdo con que la información que se brinda en esta función es clara y de utilidad, y seguirán usando esta función de la aplicación.

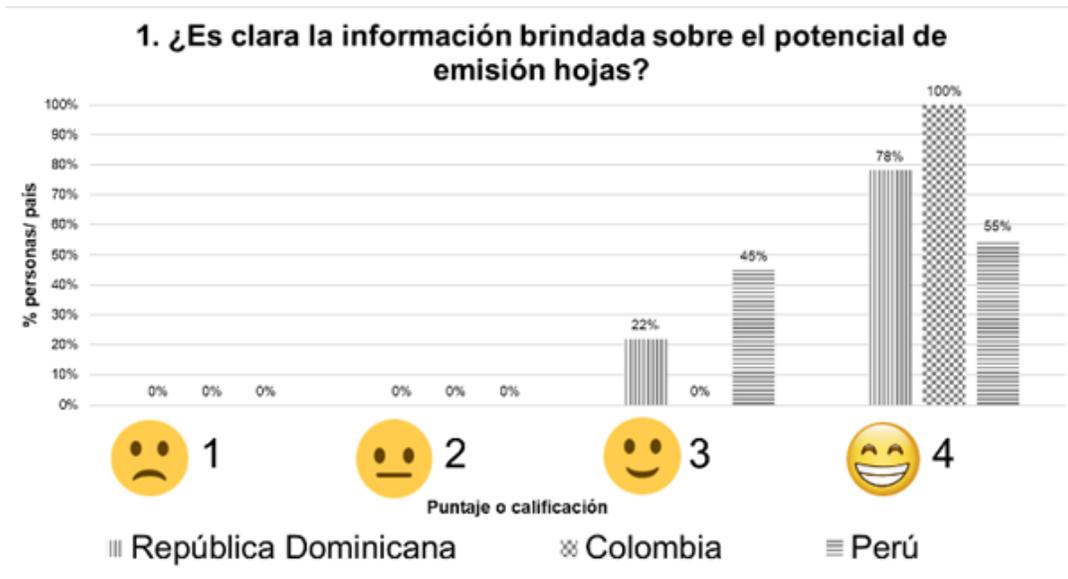


Figura 17. Resultados de las preguntas 1-función 1: Es clara la información brindada sobre el potencial de emisión de hojas? Para cada uno de los países, según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, Republica Dominicana 32 y Perú 20)

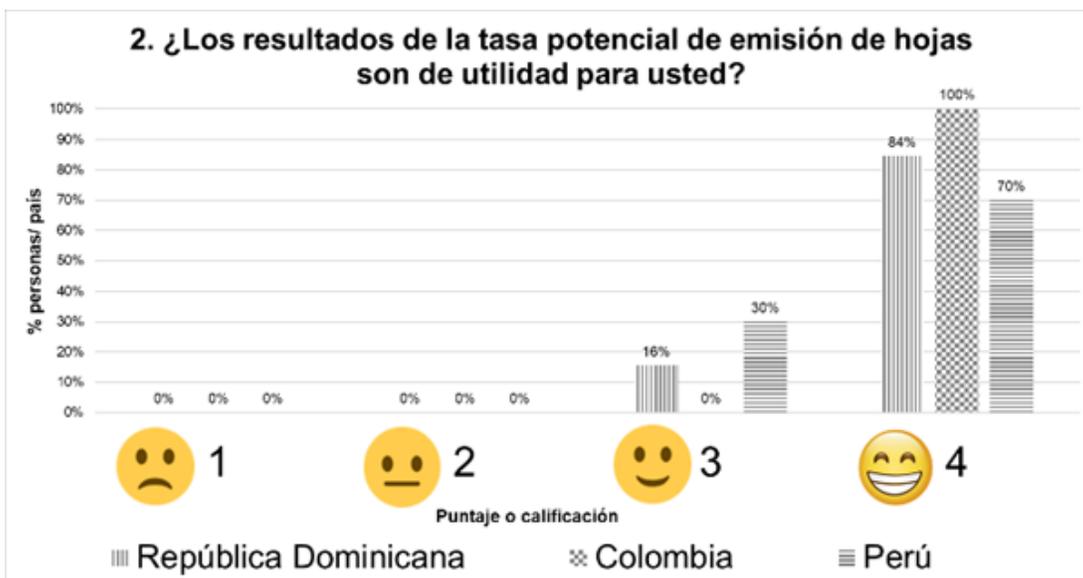


Figura 18. Resultados de pregunta 2-función 1: ¿Los resultados sobre la tasa potencial de emisión hojas son de utilidad para usted?, para cada uno de los países, según el puntaje asignado por según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, Republica Dominicana 32 y Perú 20)

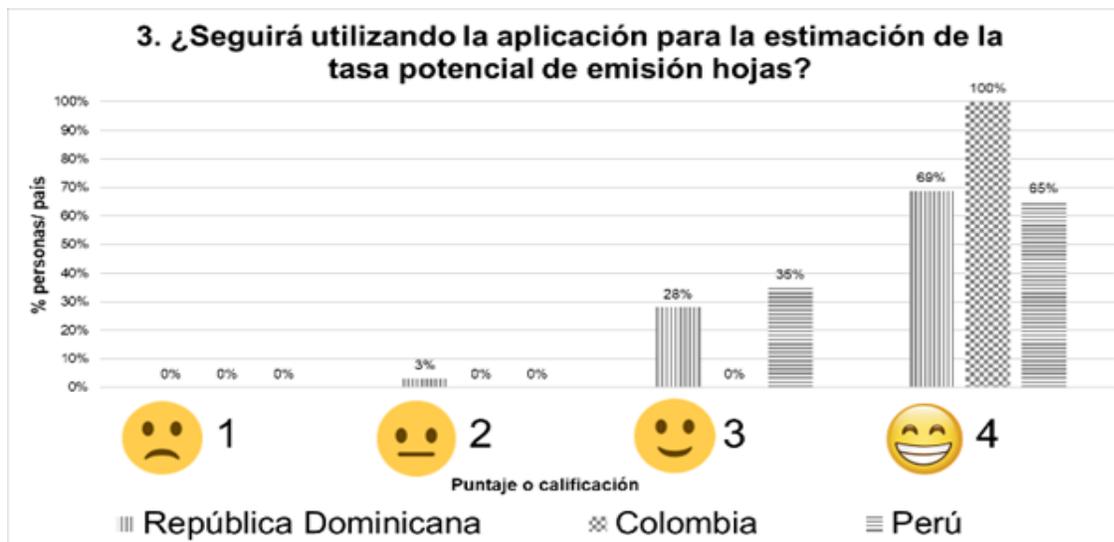


Figura 19. Resultados de la pregunta 3-función 1: ¿Seguirá utilizando la aplicación para la estimación de la tasa potencial de emisión hojas?, para para cada uno de los países, según el puntaje asignado por según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, Republica Dominicana 32 y Perú 20)

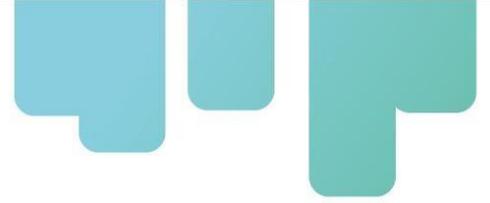
FUNCIÓN 2: PERIODO DE FLORACIÓN A COSECHA

En los cultivos de banano y plátano, se acostumbra a realizar la práctica de encintado, la cual consiste en colocar una cinta de diferente color cada semana a las bellotas enfundadas, con el objetivo de determinar la edad del fruto y el momento oportuno de cosecha. No obstante, ocurren dos situaciones en campo:

No se verifica si el tiempo que transcurrió para cosechar el racimo, fue el óptimo.

No se sabe, con cierto grado de seguridad, la fecha exacta en que se deben cosechar los racimos, de acuerdo con las condiciones meteorológicas que se pueden presentar a lo largo del ciclo del cultivo.

Con el fin de responder a las situaciones anteriormente mencionadas, la segunda función del aplicativo se divide en dos ecuaciones. A continuación, se presentan los resultados de la percepción de los usuarios que hicieron uso de estas:



FUNCIÓN 2.1: FECHA APROXIMADA EN QUE OCURRIÓ LA FLORACIÓN

La App estima la fecha en que ocurrió la floración de un ciclo de cultivo anterior, teniendo en cuenta la acumulación de grados día (GD). Esta información permite corroborar el tiempo aproximado (número de semanas) que se tardó el racimo en alcanzar el grado de madurez aceptable por el mercado. La App calcula la fecha aproximada en que sucedió la floración, a partir de la fecha de cosecha que es ingresada por el usuario. Así, si se tardó más tiempo del estimado por la App, indica que hay un problema en el manejo del cultivo, el cual se debe identificar y corregir. Lo ideal es que el tiempo real sea menor o igual del reportado por la App.

Para esta función se realizaron cinco preguntas. En la primera pregunta, relacionada con el dato que el usuario debe ingresar, es decir la fecha en que cosechó, se observa que, para el caso de República Dominicana y Colombia, 84 % de los encuestados lleva muy frecuentemente este registro, mientras que en el caso de Perú es 50% de los encuestados.

En cuanto a la percepción de la utilidad de esta función (conocer la fecha en que se dio la floración), se observa que el 100%, 84% y 65% de los participantes de Colombia, República Dominicana y Perú, respectivamente, consideran muy útil esta información (**Figura 20**) Respecto a la claridad de la información que reporta esta función, 96% de los usuarios de Colombia, 81% de Republica Dominicana y 60% de Perú, considera que es totalmente claro (**Figura 21**).

Al comparar el dato reportado por la App con la fecha real en que se dio la floración, el 84% de los usuarios colombianos aseguró que se ajusta perfectamente, mientras que para el caso de Republica Dominicana fue el 59%. En Perú se observó que 35% de los usuarios considera que se ajusta totalmente, 50% opina que se ajusta relativamente bien, y 15% asegura que se ajusta medianamente (**Figura 22**).

Finalmente, frente a la pregunta de si seguirá utilizando la aplicación para estimar la fecha aproximada en que se dio la floración, se observa que los usuarios aseguran que la continuarán usando (100% de los usuarios colombianos, 84% de los usuarios de Republica Dominicana y 75% de los usuarios de Perú) (**Figura 23**).

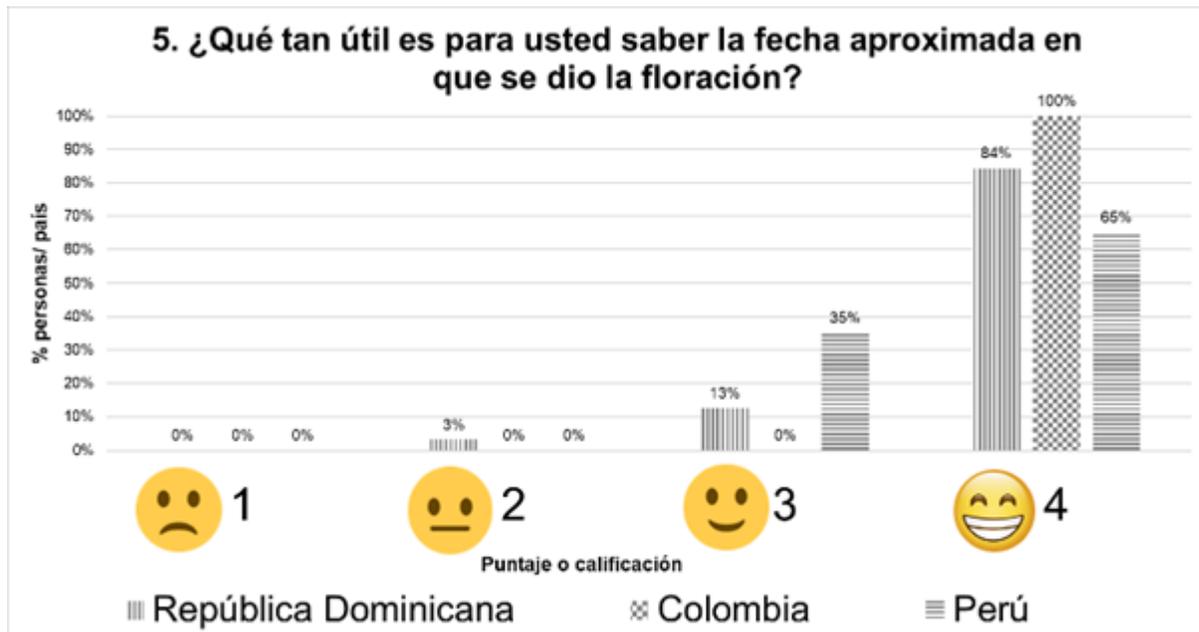


Figura 20. Resultados de la pregunta 5-funcion 2.1: ¿Qué tan útil es para usted saber la fecha aproximada en que se dio la floración? para para cada uno de los países, según el puntaje asignado por según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, Republica Dominicana 32 y Perú 20)

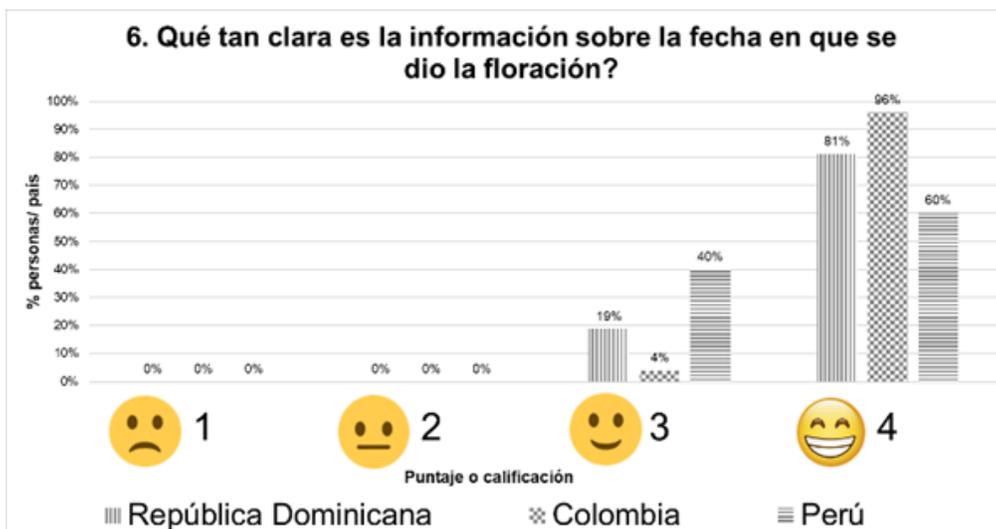


Figura 21. Resultados de la pregunta 5-funcion 2.1: ¿Qué tan clara es la información sobre la fecha en que se dio la floración? para para cada uno de los países, según el puntaje asignado por según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, Republica Dominicana 32 y Perú 20)

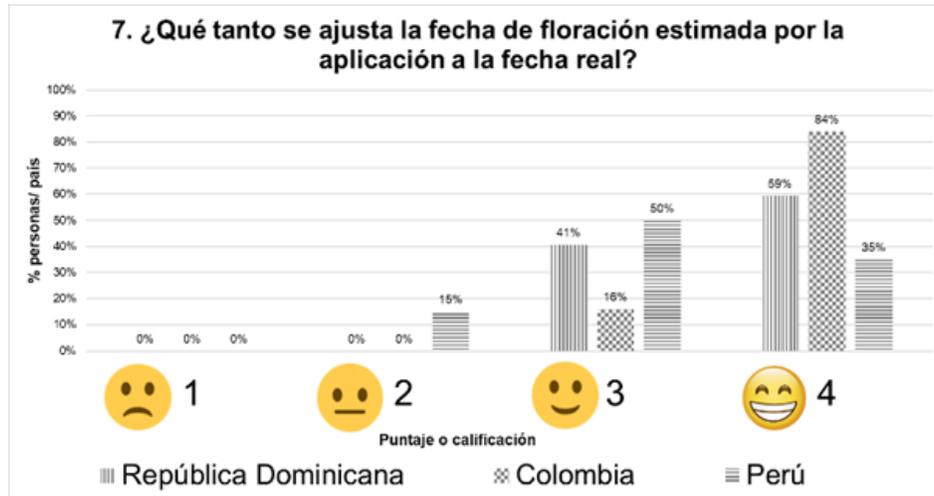
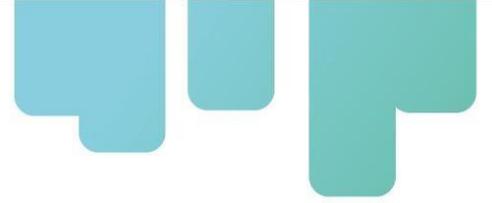


Figura 22. Resultado de la pregunta 7-función 2.1: ¿Qué tanto se ajusta la fecha de floración estimada por la aplicación a la fecha real?, para para cada uno de los países, según el puntaje asignado por según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, Republica Dominicana 32 y Perú 20).



Figura 23. Resultado de la pregunta 8-función 2.1: ¿Seguirá utilizando la aplicación para estimar la fecha aproximada en que se dio la floración?, para para cada uno de los países, según el puntaje asignado por según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, Republica Dominicana 32 y Perú 20).



FUNCIÓN 2.2: FECHA APROXIMADA EN QUE SE DEBE COSECHAR

La App estima el momento adecuado en que se deberá cosechar el racimo, teniendo en cuenta los grados día acumulados (GD) por la planta, desde el momento en que se dio la floración (fecha informada por el usuario). Esta información es uno de los factores que contribuyen a asegurar la calidad del fruto al momento de la cosecha.

La primera pregunta realizada fue si se lleva registro de la fecha floración, para lo cual se observó que 100% de los encuestados en Colombia asegura que siempre o muy frecuentemente lo realiza. En el caso de Perú, 60% lo hace muy frecuentemente, 25% casi siempre, y 15% algunas veces. En República Dominicana 81% de los participantes toma siempre el registro de la fecha de floración, 9% casi siempre, y 9% nunca (**Figura 24**)

Para el 100%, 84% y 75% de los participantes, en Colombia, República Dominicana y Perú, respectivamente, esta función es muy útil. En cuanto a la claridad de la información que reporta esta función sobre la semana óptima en que se debe cosechar, se encontró que para todos es claro o totalmente claro (**Figura 25**).

Sobre qué tanto se ajusta la información estimada por la APP a la fecha real de cosecha, en República Dominicana, Colombia y Perú, se encontró que para 56%, 56% y 45%, se ajusta muy bien, y para el 44%, 44% y 35%, respectivamente, se ajusta bien. No obstante, para un 15% de los participantes en Perú se ajusta medianamente bien y para el 5% no se ajusta.

Finalmente, el 100% de los encuestados colombianos dijo que seguirá siempre utilizando la aplicación. En República Dominicana el 84% la continuará usando siempre y 16% casi siempre o frecuentemente. Para Perú, 90% manifiesta que usará la App frecuentemente y 10% algunas veces (**Figura 26**).

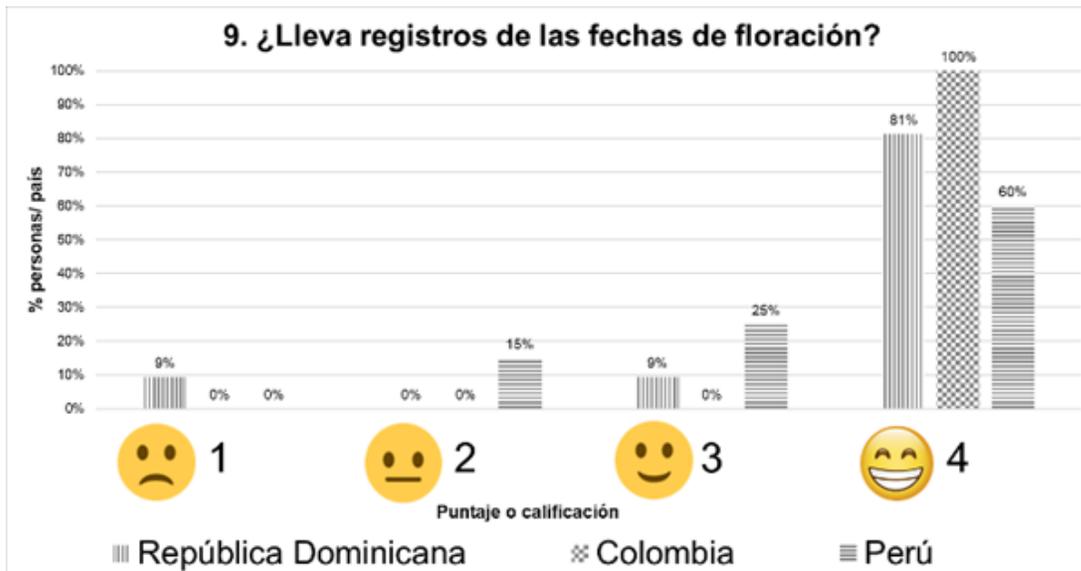


Figura 24. Resultado de la pregunta 9-función 2.2: ¿ Lleva registro de las fechas de floracion?, para cada uno de los países, según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, Republica Dominicana 32 y Perú 20)

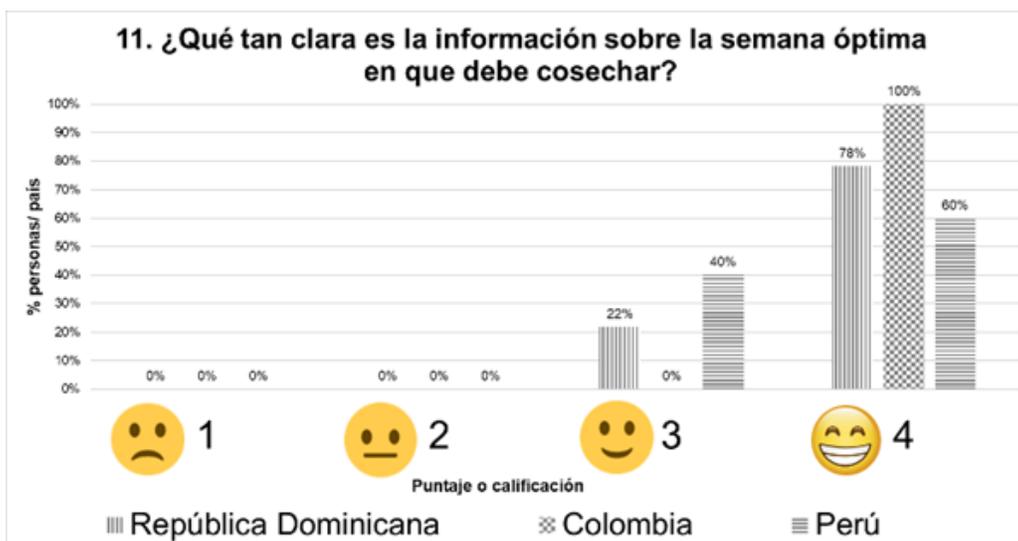


Figura 25. Resultado de la pregunta 12-función 2.2: ¿Qué tanto se ajusta la semana optima de cosecha estimada por la aplicación a la fecha real?, para cada uno de los países, según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, Republica Dominicana 32 y Perú 20).

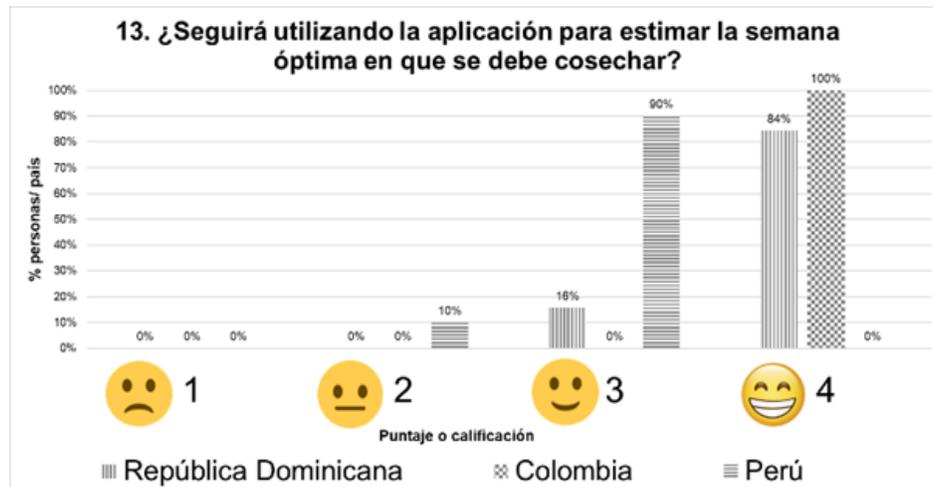


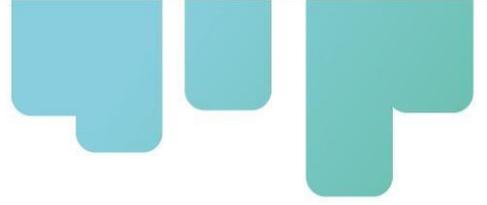
Figura 26. Resultado de la pregunta 13-función 2.2: ¿Seguirá utilizando la aplicación para estimar la semana óptima en que se debe cosechar?, para cada uno de los países, según el puntaje asignado por según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, República Dominicana 32 y Perú 20)

FUNCIÓN 3: PESO POTENCIAL DE RACIMO

La tercera función de la aplicación, al igual que la segunda función, se subdivide en dos cálculos, cuyos fines son: 1) verificar el peso alcanzado, y 2) proyectar la productividad del cultivo. No obstante, cabe aclarar que la segunda funcionalidad no está habilitada o disponible para la versión de la App de República Dominicana.

FUNCIÓN 3.1: CON EL FIN DE VERIFICAR EL PESO ALCANZADO

La App estima el peso del racimo y el rendimiento, que se debió alcanzar de acuerdo con las fluctuaciones en algunas variables meteorológicas (es un dato de referencia de lo que se habría llegado a obtener). Esta verificación de los pesos de los racimos obtenidos y del rendimiento, se debe hacer mediante una comparación entre el dato real y el calculado por el aplicativo. Así, si se alcanzó un peso de racimo menor al indicado por la App, señala que hay un problema en el manejo del cultivo, el cual se debe identificar y solucionar, por ejemplo, fertilización, riego, sanidad, etc. Lo ideal es obtener un peso de racimo igual o superior, del potencial que indica la App.



Los encuestados reportaron que la información brindada es muy clara (100% de los encuestados en Colombia, 81% en República Dominicana y 60% en Perú) y útil (100% de los encuestados en Colombia, 94% en República Dominicana y 80% en Perú) (**Figura 27**).

En cuanto al ajuste del dato que reporta la App con respecto al dato real del peso del racimo de la cosecha anterior, se observa diversidad en las respuestas: En Colombia 84% considera que se ajusta totalmente, el 12% considera que frecuentemente se ajusta y el 4% que ocasionalmente se ajusta. En República Dominicana 25% opina que tiene un ajuste excelente, 66% que se ajusta bien y 9% que el ajuste es regular. Por último, en Perú el 35%, 40%, 20% y 5%, respondió respectivamente que siempre se ajusta, casi siempre, algunas veces y nunca.

En cuanto a la pregunta de si seguirá utilizando la aplicación para estimar el peso potencial del racimo con el fin de verificar el rendimiento del cultivo, se encontró que el 100% de los encuestados colombianos, el 84% de los de Republica Dominicana y el 85% de Perú, aseguran que continuarán empleando la aplicación muy frecuentemente (**Figura 28**).

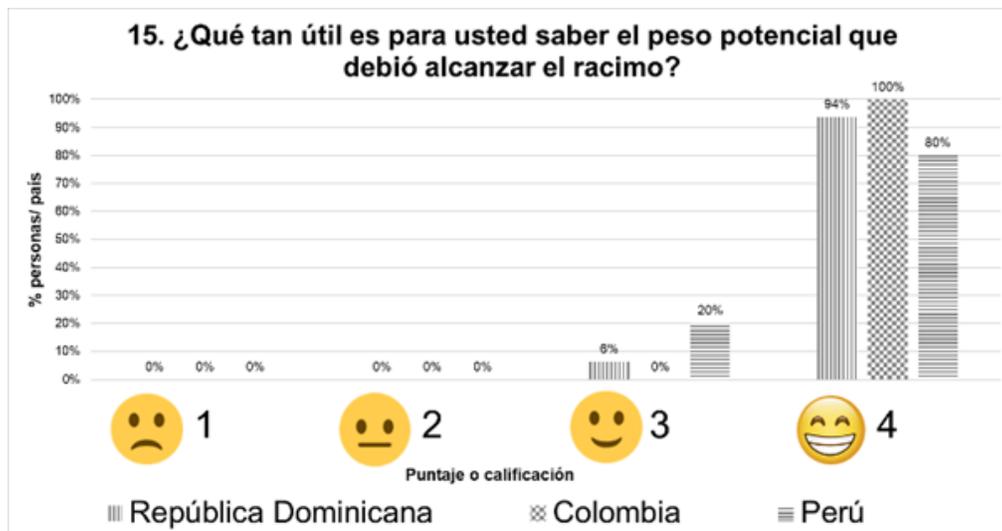


Figura 27. Resultado de la pregunta 15-función 3.1: ¿Que tan util es para usted saber el peso potencial que debió alcanzar el racimo?, para cada uno de los países, según el puntaje asignado por según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, Republica Dominicana 32 y Perú 20).

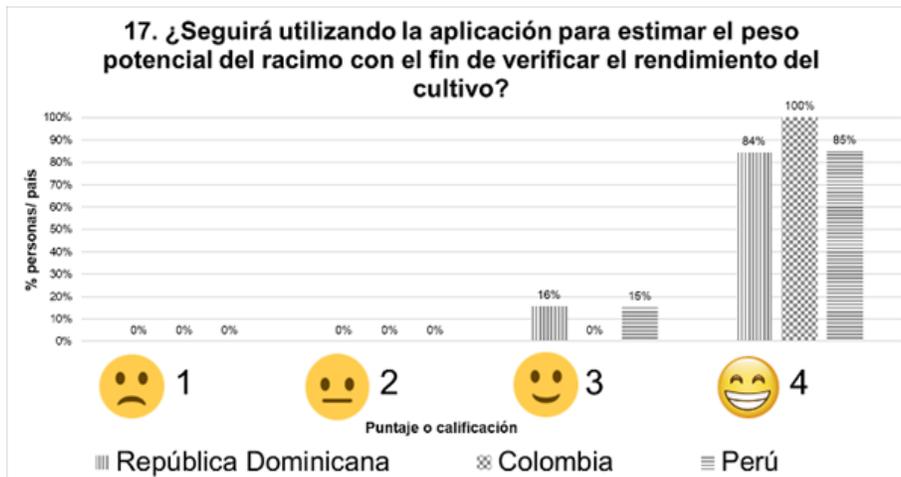


Figura 28. Resultado de la pregunta 17-función 3.1: ¿Seguirá utilizando la aplicación para estimar el peso potencial del racimo con el fin de verificar el rendimiento del cultivo? para cada uno de los países, según el puntaje asignado por según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, Republica Dominicana 32 y Perú 20)

FUNCIÓN 3.2: ESTIMACIÓN DEL PESO POTENCIAL DEL RACIMO Y DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO

La función 3.2 realiza una proyección del peso del racimo por planta y el volumen de fruta a cosechar por hectárea, teniendo en cuenta la incidencia de algunas variables meteorológicas. Esta información es relevante dado que se desconoce el peso estimado que va a tener el racimo al finalizar el ciclo de cultivo, lo cual está sujeto, entre otras cosas, a las condiciones meteorológicas que se pueden presentar a lo largo del ciclo del cultivo.

Como se mencionó anteriormente esta función solo está disponible en las versiones de la App de Colombia y Perú. En estos dos países se halló que los encuestados consideran muy útil y clara la información que se reporta (**Figura 29 y Figura 30**). En cuanto al ajuste del dato reportado por la App frente a la realidad, las opiniones están entre que es bueno y muy bueno (**Figura 31**). Finalmente, se les preguntó a los participantes si seguirían utilizando la aplicación, para lo cual el 100% y 90%, de los encuestados de Colombia y Perú, respetivamente, dijo que continuarían haciendo un uso muy frecuente para estimar el peso futuro del racimo y el rendimiento del cultivo (**Figura 32**).

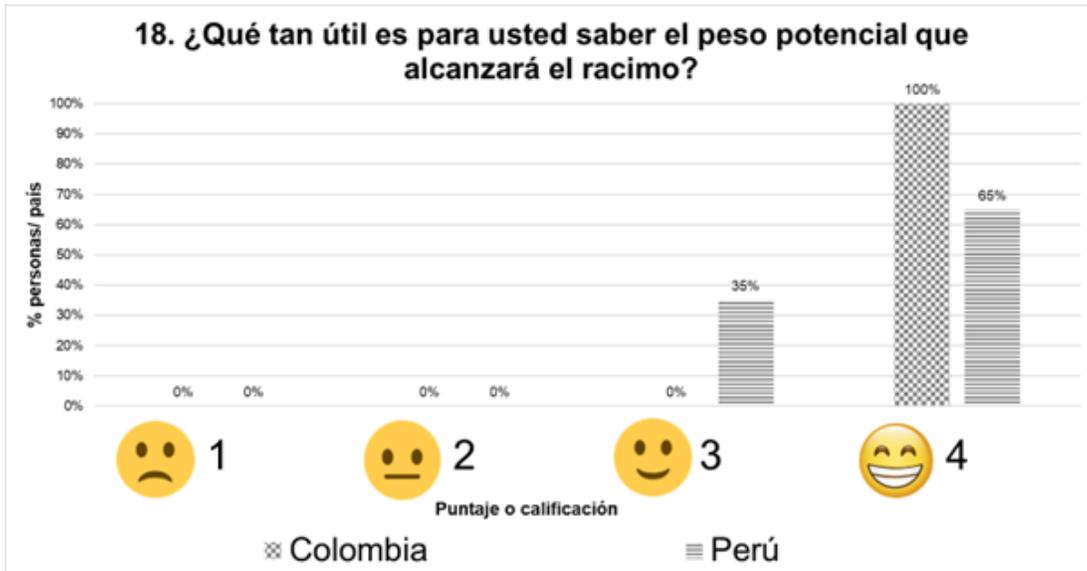


Figura 29. Resultado de la pregunta 18-función 3.2: ¿Qué tan útil es para usted saber el peso potencial que alcanzará el racimo?, para cada uno de los países, según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, Republica Dominicana 32 y Perú 20).

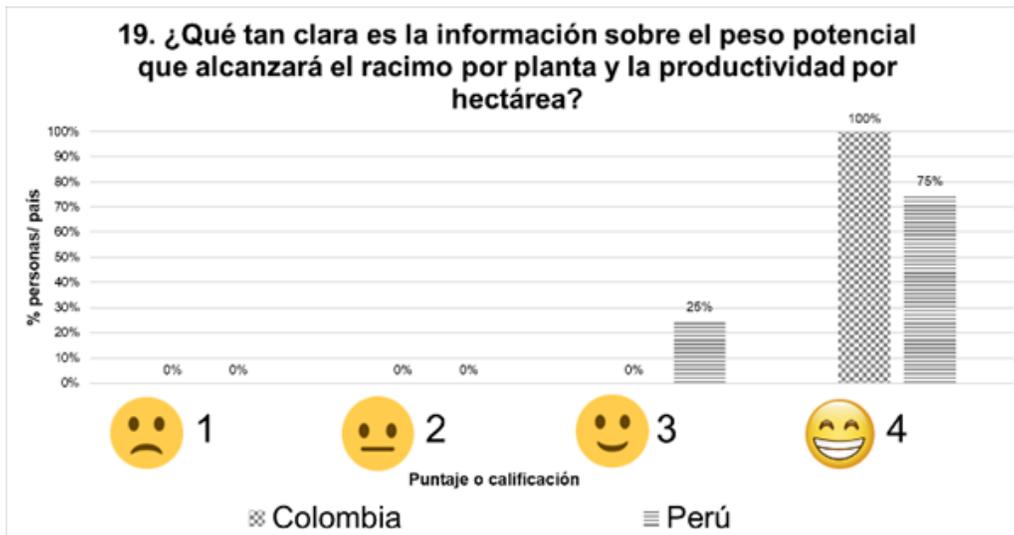


Figura 30. Resultado de la pregunta 19-función 3.2: ¿Qué tan clara es la información sobre el peso potencial que alcanzara el racimo por planta y la productividad por hectárea?, para cada uno de los países, según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, Republica Dominicana 32 y Perú 20)

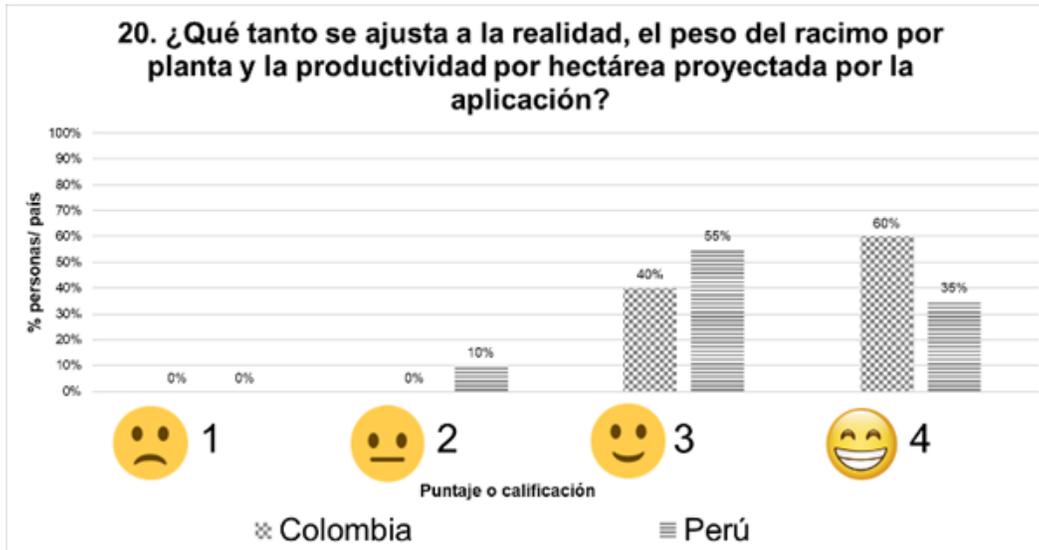


Figura 31. Resultado de la pregunta 20-función 3.2: ¿Qué tanto se ajusta a la realidad, el peso del racimo por planta y la productividad por hectárea proyectada por la aplicación?, para cada uno de los países, según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, Republica Dominicana 32 y Perú 20)

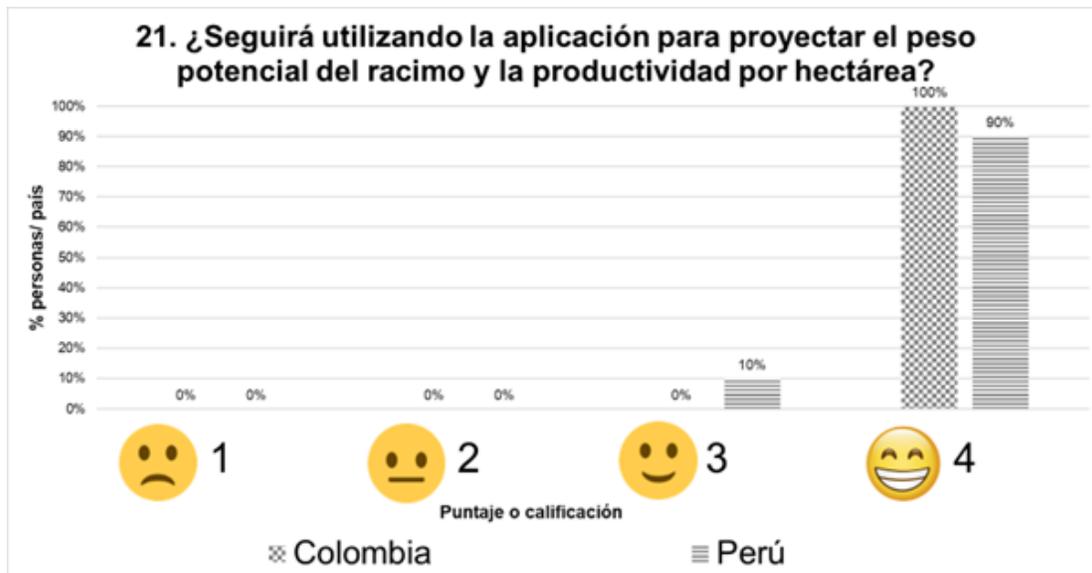


Figura 32. Resultado de la pregunta 21-función 3.2: ¿Qué tanto se ajusta a la realidad, el peso del racimo por planta y la productividad por hectárea proyectada por la aplicación?, para cada uno de los países, según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, Republica Dominicana 32 y Perú 20)

FUNCIÓN 4: DEMANDA DE NUTRIENTES

Esta función de la aplicación permite determinar la cantidad de nutrientes extraídos por el racimo y la cantidad de fertilizantes necesarios a reponer en la práctica de la fertilización. Se realizaron tres preguntas: 1) ¿Es clara la información brindada acerca de la cantidad de nutrientes a reponer o aplicar?, 2) ¿Qué tan útil es para usted saber la cantidad de nutrientes a reponer o aplicar?, y 3) ¿Seguirá utilizando la aplicación para cuantificar la cantidad de nutrientes a reponer o aplicar?

La mayoría de los encuestados aseguraron que la información brindada es clara (96%, 95% y 75% de los encuestados en Colombia, República Dominicana y Perú, respectivamente), y un porcentaje reducido considera que la información es poco clara (5% en Perú y 3% en República Dominicana) (**Figura 33**). En cuanto a la utilidad de la información reportada, el 100% en Colombia, 88% en República Dominicana y el 60% en Perú, considera que es muy útil (**Figura 34**).

Finalmente, más del 80% de los encuestados en todos los países dijo que continuará utilizando esta función de la aplicación (**Figura 35**).

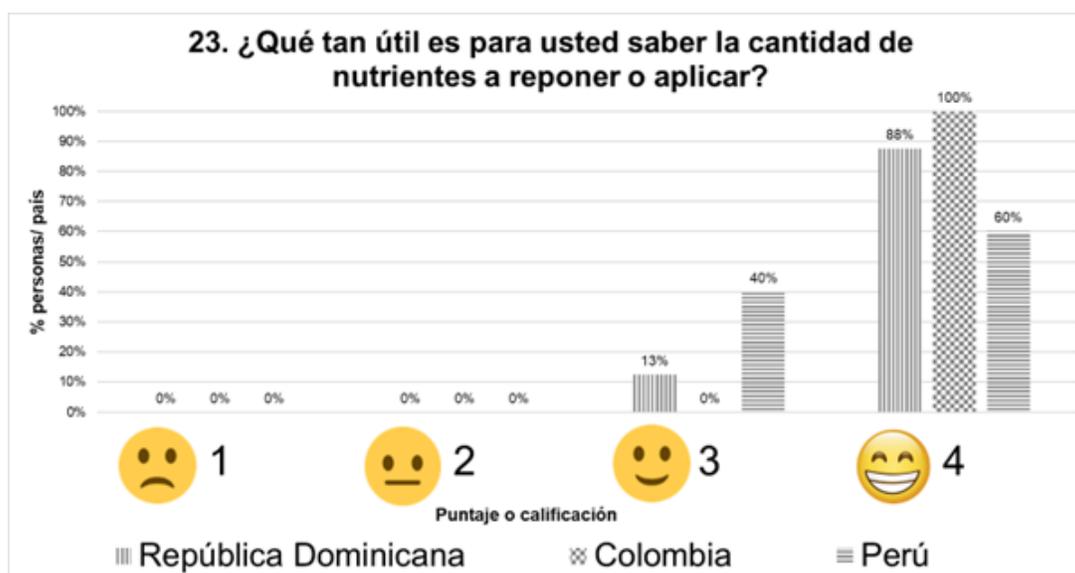


Figura 33. Resultado de la pregunta 23-función 4: ¿Qué tan útil es para usted saber la cantidad de nutrientes a reponer o aplicar?, para cada uno de los países, según el puntaje asignado por según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, Republica Dominicana 32 y Perú 20)

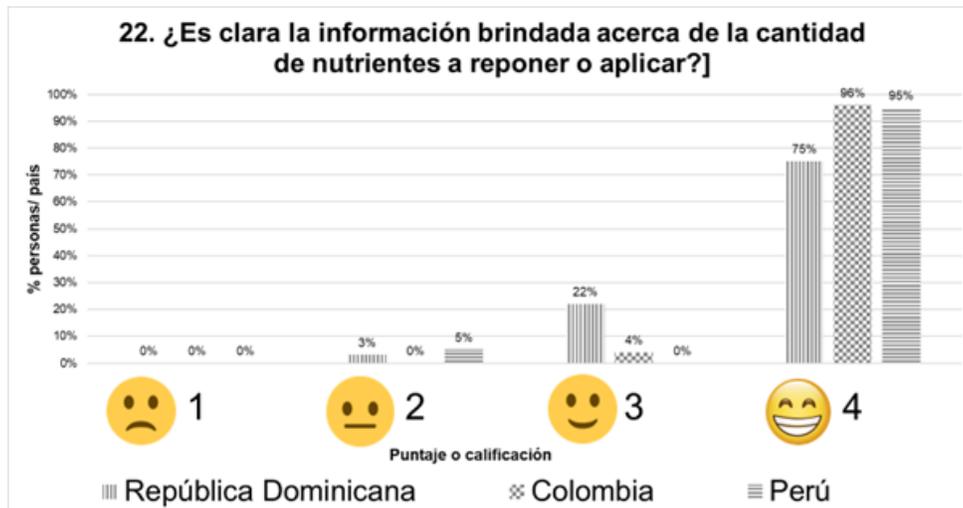


Figura 34. Resultado de la pregunta 22-función 4: ¿es clara la información brindada acerca de la cantidad de nutriente a reponer o aplicar?, para cada uno de los países, según el puntaje asignado por según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, Republica Dominicana 32 y Perú 20).

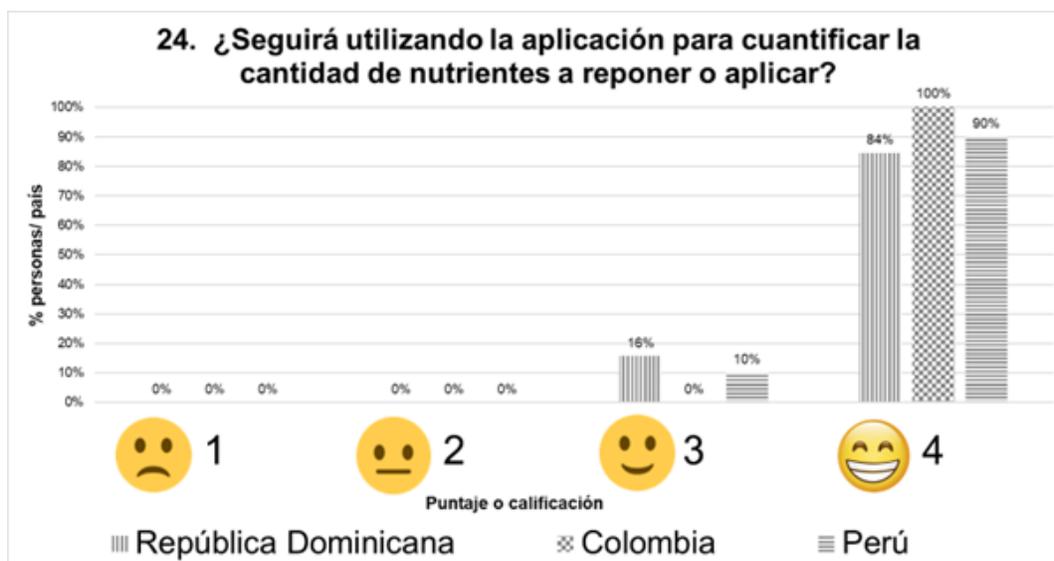


Figura 35. Resultado de la pregunta 24-función 4: ¿Seguirá utilizando para cuantificar la cantidad de nutrientes a reponer o aplicar?, para cada uno de los países, según el puntaje asignado por según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, Republica Dominicana 32 y Perú 20).

FUNCIÓN 5: DEMANDA DE AGUA Y RIEGO

Un beneficio adicional de la App es la identificación de necesidades hídricas del cultivo, con el fin de hacer un manejo eficiente del recurso hídrico. El aplicativo da una referencia de cuánta agua se debe reponer, con base a un tipo de suelo y variables como evaporación, etc.

Como se observa en la **Figura 36** las opiniones varían desde que es poco clara la información reportada en esta función, hasta que es totalmente claro, lo cual indica la importancia de realizar algunos ajustes, de tal manera que pueda ser comprendida por todos los usuarios. En cuanto a la utilidad, la mayoría de los encuestados no dudaron en responder que es muy útil (**Figura 37**), al igual que al afirmar que continuarían usando esta función muy frecuentemente (**Figura 38**).

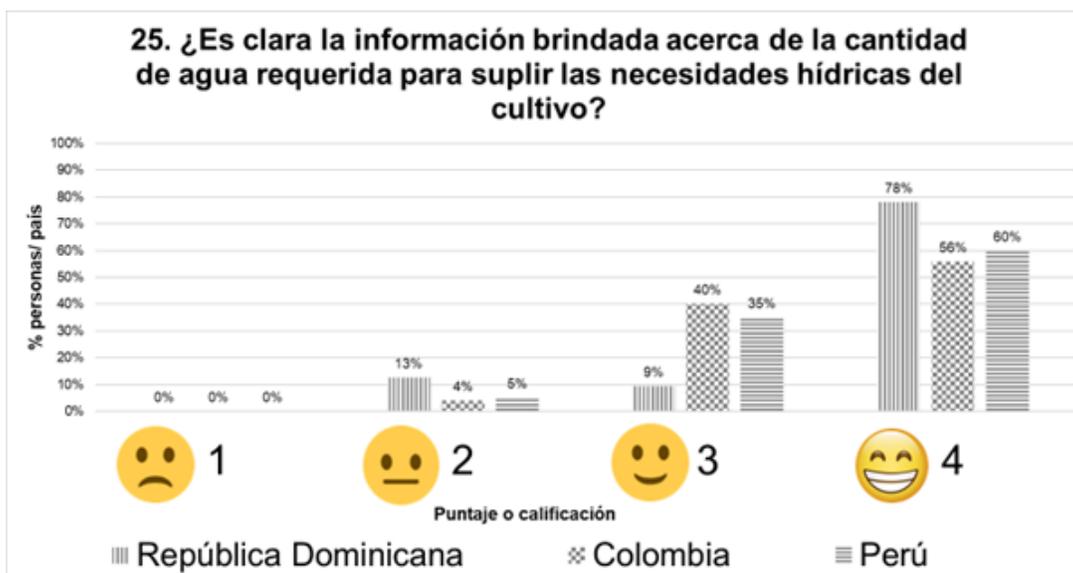


Figura 36. Resultado de la pregunta 25-función 5: ¿Es clara la información brindada acerca de la cantidad de agua requerida para suplir las necesidades hídricas del cultivo?, para cada uno de los países, según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, República Dominicana 32 y Perú 20).

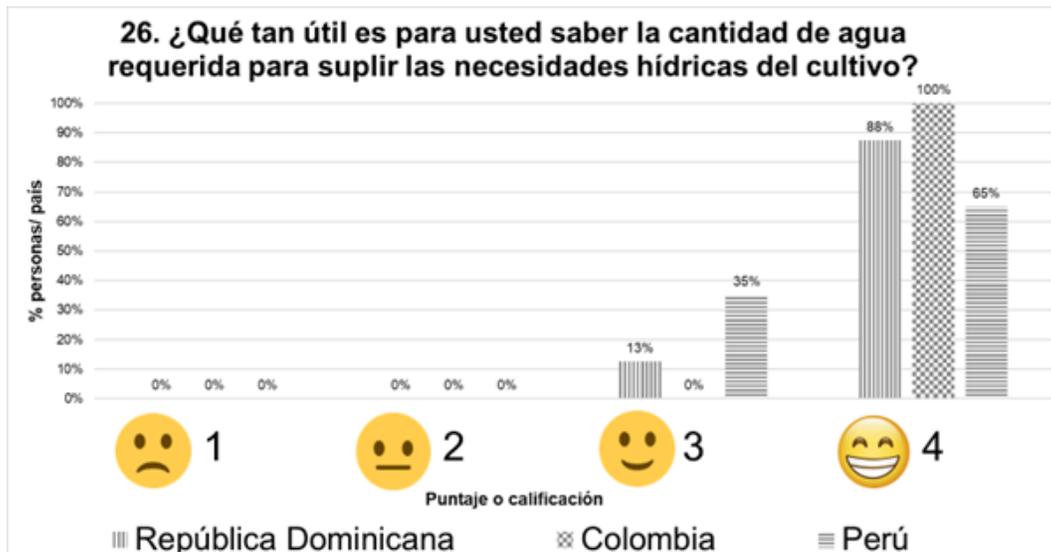


Figura 37. Resultado de la pregunta 26-función 5: ¿Qué tan útil es para usted saber la cantidad de agua requerida para suplir las necesidades hídricas del cultivo?, para cada uno de los países, según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, República Dominicana 32 y Perú 20)

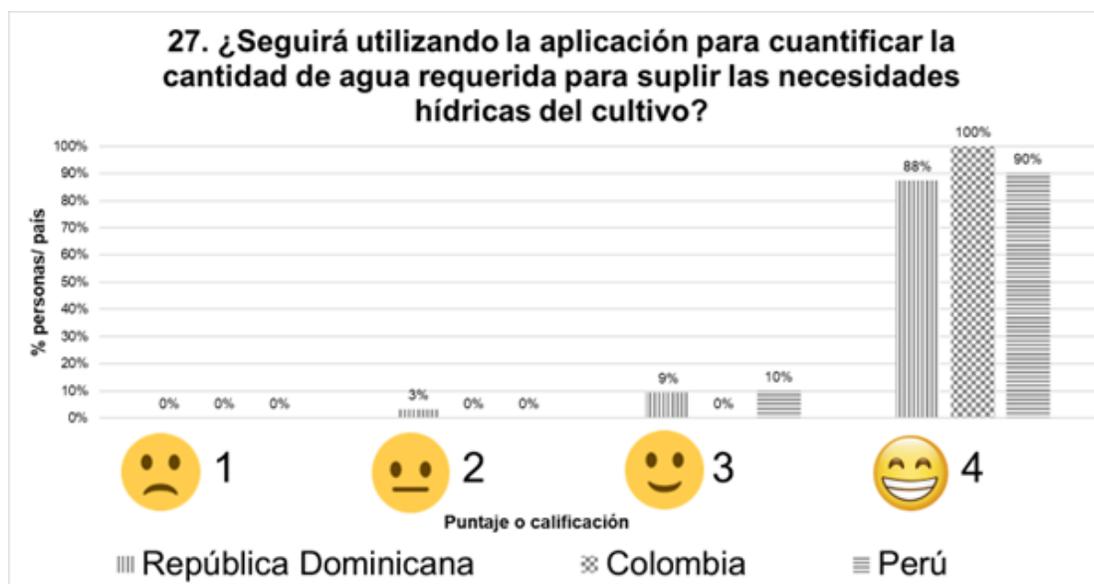
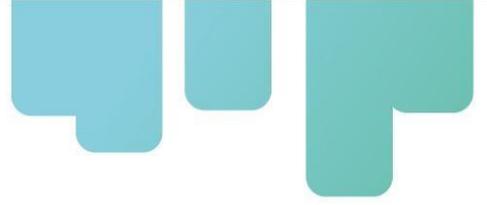


Figura 38. Resultado de la pregunta 27-función 5: ¿Seguirá utilizando la aplicación para cuantificar la cantidad de agua requerida para suplir las necesidades hídricas del cultivo?, para cada uno de los países, según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, República Dominicana 32 y Perú 20).



CONSIDERACIONES GENERALES DEL APLICATIVO

Además de las preguntas realizadas por cada una de las funciones del aplicativo, se realizaron cinco preguntas adicionales tendientes a determinar la percepción general de la aplicación.

En cuanto a la facilidad de navegación por las diferentes funciones de la App, los usuarios dieron una calificación entre cuatro y cinco, lo cual indica que es sencillo o muy sencillo realizarlo (**Figura 39**).

El tamaño de la letra le pareció muy adecuado al 100% de los usuarios colombianos. Por otro lado, los participantes de República Dominicana y Perú dieron calificaciones de “Regular” (6% y 10%, respectivamente), “Bien” (25% y 45%, respectivamente) y “Excelente” (69% y 45%, respectivamente) (**Figura 40**). El lenguaje o los términos empleados en la aplicación fueron de fácil o muy fácil comprensión para los usuarios de los tres países.

La impresión general de los usuarios acerca de la utilidad de la aplicación fue buena, dado que el 100%, 85% y 84%, de los usuarios de Colombia, Perú y República Dominicana, opinaron que la App es muy útil. La disposición de los participantes a continuar usando la aplicación también fue alta, 100% en Colombia, 94% en República Dominicana y 95% en Perú.

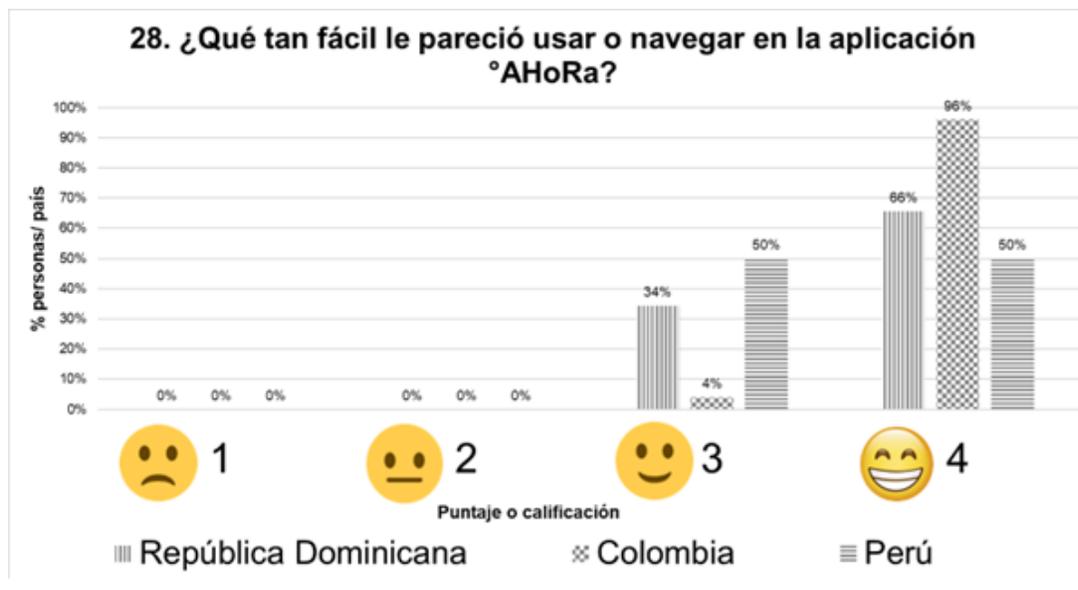


Figura 39. Resultado de la pregunta 28: ¿Que tan fácil le pareció usar y navegar en la aplicación °AHOra?, para cada uno de los países, según el puntaje asignado por según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, Republica Dominicana 32 y Perú 20)

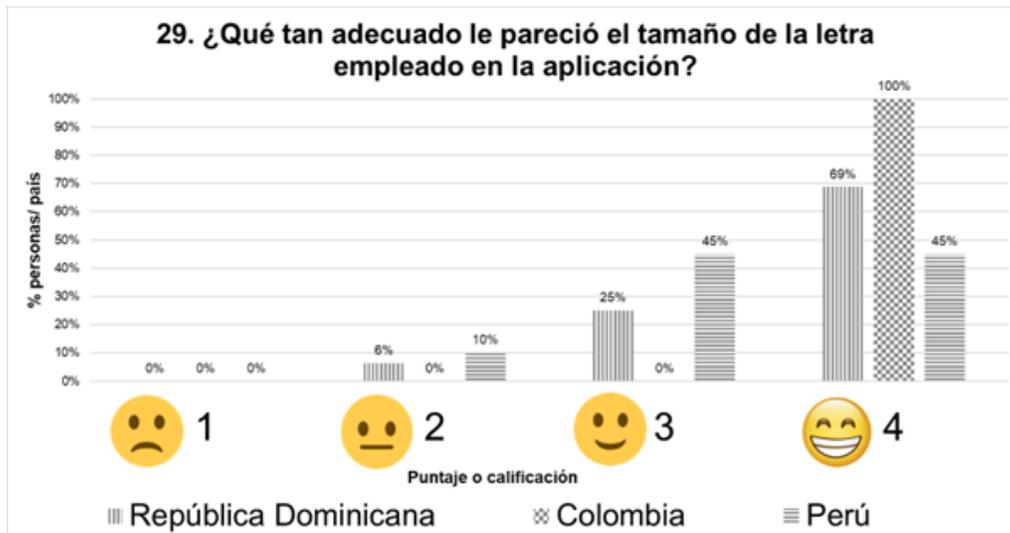


Figura 40. Resultado de la pregunta 29: ¿Qué tan adecuado le pareció el tamaño de la letra empleado en la aplicación?, para cada uno de los países, según el puntaje asignado por según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, Republica Dominicana 32 y Perú 20).

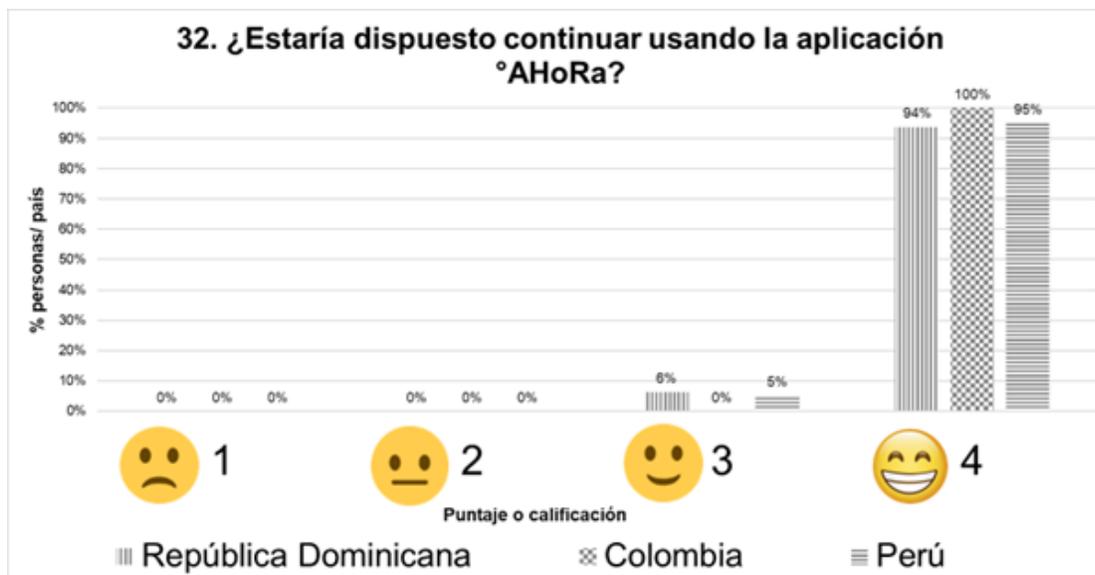


Figura 41. Resultado de la pregunta 32: ¿Estaría dispuesto a continuar usando la aplicación °AHoRa?, para cada uno de los países, según el puntaje asignado por según el puntaje asignado por los 77 participantes (Colombia 25, Republica Dominicana 32 y Perú 20)

- **PRODUCTO 10.** Base de datos de validación de cálculos, enfocada en indicadores de productividad del banano.

COLOMBIA

Durante el periodo de evaluación (15 semanas entre 23 marzo y 6 de julio) el número de hojas que emitió la planta in situ para la zona bananera del Magdalena se ajustó con la estimación proyectada por la aplicación °AHOra. Para esta variable no se encontraron diferencias significativas entre el valor real cuantificado en campo y el valor estimado para la aplicación (**Figura 42**), por lo cual el aplicativo está estimando con una buena aproximación la tasa de emisión de las hojas en el cultivo de banano.

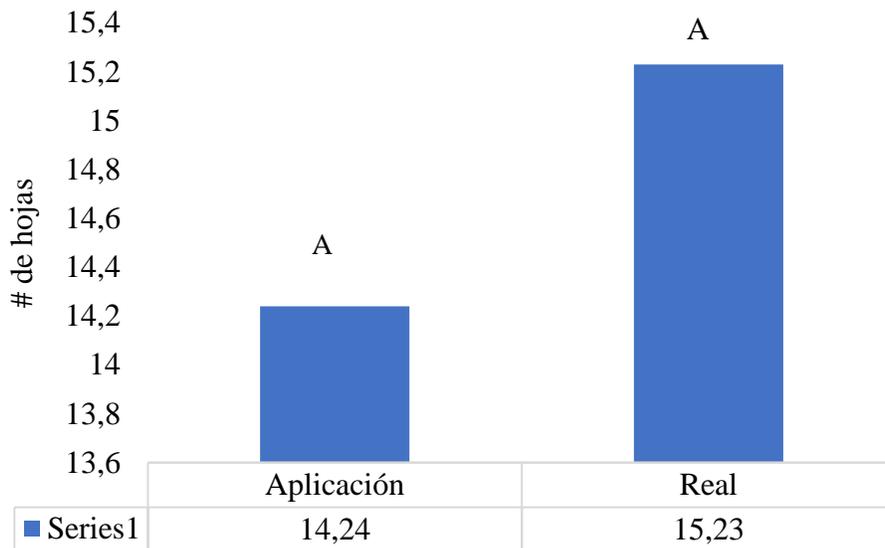


Figura 42. Prueba de comparación de medias (Tukey) para el número total de hojas emitidas durante el periodo de evaluación (14 semanas), entre el aplicativo y el valor real.

Por otra parte, se generó un modelo lineal entre la tasa de emisión foliar y la acumulación de grados día (GD), encontrando una correlación de $r^2=0.99$, y para lo cual, según el modelo propuesto, la tasa de emisión de una hoja se produce cada 118,92 GD, diez grados día mayor a lo propuesto y reportado por (Turner y Lahav, 1983; Turner y Hung, 1983; Allen *et al.* 1988) (**Figura 43**).

La tasa potencial de emisión de hojas real en promedio, en el periodo evaluado, fue de una hoja cada 6,96 días, mientras la estimada con la aplicación fue de una hoja cada 7,44 días.

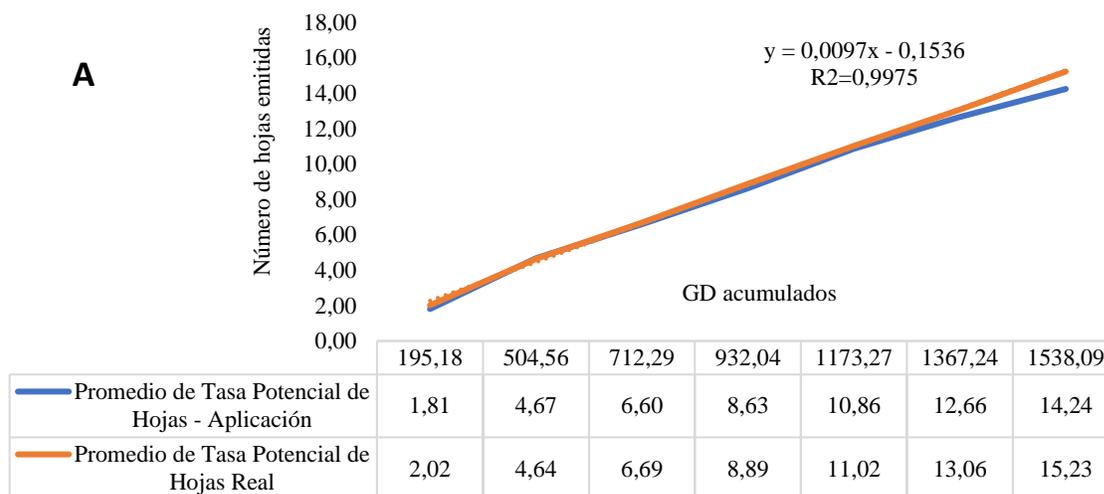
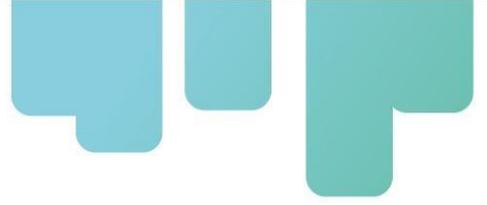


Figura 43. Tasa de emisión de hojas real en fincas de Colombia, A) Comparación entre tasa potencial de emisión de hojas reportado por la App y el real, en Colombia, B) Tasa de emisión de hojas cada 14 días.



En la región del Magdalena, la temperatura promedio alcanza rangos entre 25 y 30 °C, con valores en algunas épocas del año que pueden retrasar el crecimiento vegetativo debido a temperaturas superiores a 35 °C. La acumulación de grados día mínima presentada entre octubre de 2021 y septiembre de 2022 fue de 11,95 GD, presentada en el mes de octubre de 2021, mes de mayores precipitaciones y menores temperaturas en el departamento del Magdalena, por lo que la tasa de emisión foliar se reduce. Por otra parte, la mayor acumulación de GD en el año se presentó en el mes de abril de 2022 con 16,33 GD y mayo con 16,14 GD, meses donde se presentan las temperaturas promedio más altas del año (29,22°C abril y 28,57°C en mayo) (**Figura 44**). Se encontró que luego de acumulados 1538 GD en 105 días, no se presentaron diferencias significativas entre la tasa potencial de hojas cuantificada en las seis parcelas evaluadas ($p>0,05$) (**Figura 45**).

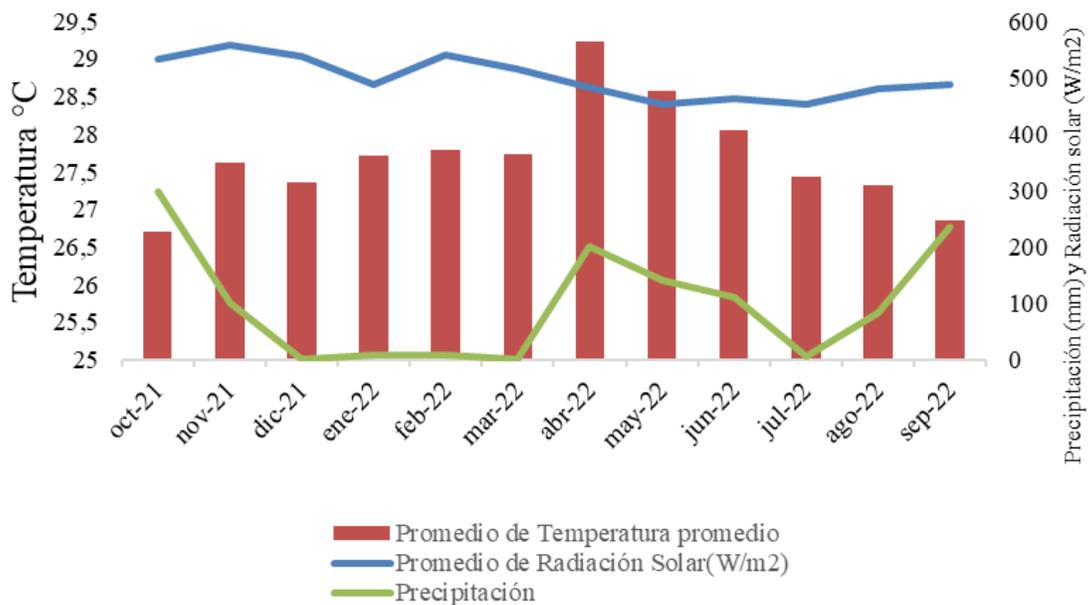


Figura 44. Temperatura del ambiente, radiación solar y precipitación promedio en el departamento del Magdalena.

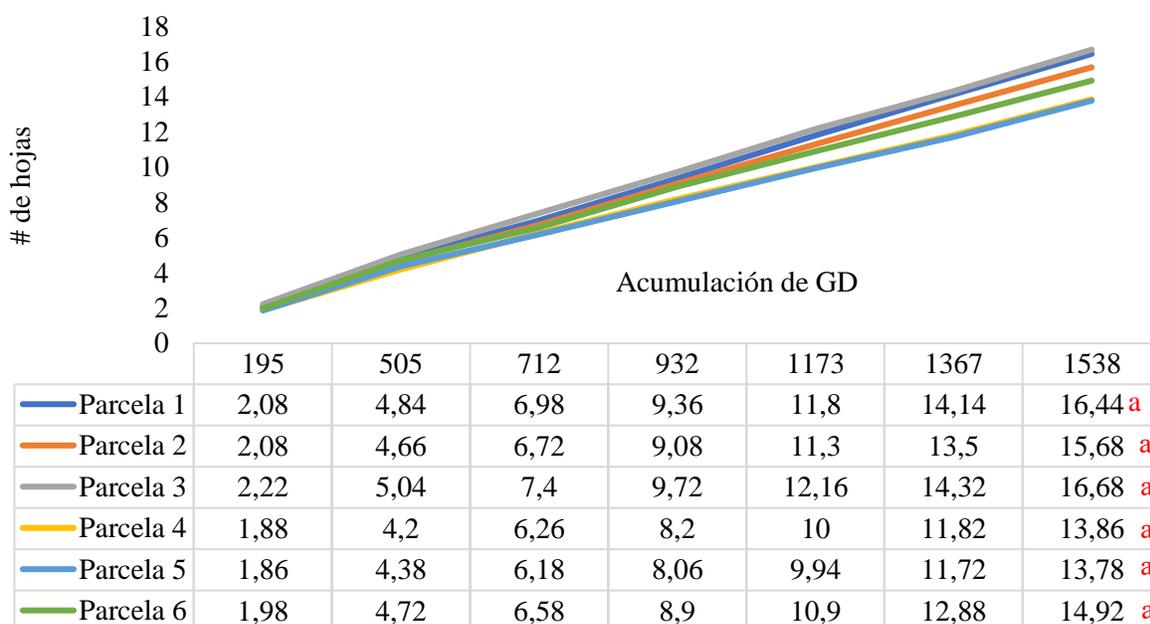


Figura 45. Comparación tasa real de hojas en seis parcelas evaluadas en la zona bananera del Magdalena.

REPÚBLICA DOMINICANA

La suma de los grados día acumulados durante 14 días se dividió entre 108 GD para generar la emisión foliar esperada. Los valores calculados para dos estaciones, Montecristi y Amina, para las dos primeras semanas de cada mes de julio de 2021 a junio de 2022 inician en cerca de 2 hojas para la temporada más calurosa de días largos, desciende a 1,4 en la temporada fresca de días cortos, y vuelve a subir 2,1 hojas para la temporada más calurosa de días largos con una diferencia de 0,2 hojas entre las dos estaciones (**Figura 46**).

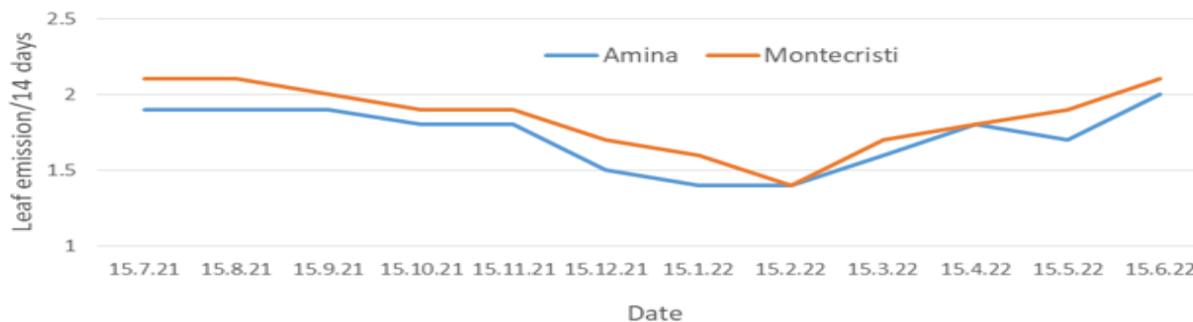


Figura 46. Caracterización mes a mes del potencial de emisión de hojas para dos zonas de producción

Una comparación de la emisión de hojas contadas durante tres períodos continuos, de 14 de marzo a mayo de 2022, con el potencial calculado indicó que los campos estaban entre 1 % y 32 % por debajo del crecimiento potencial. Los recuentos de 40 períodos de 28 días generados mediante la suma de períodos sucesivos de 14 días estuvieron entre 2,4 % y 22 % por debajo del potencial. Para los períodos de 14 días, 9 de 60 mediciones estuvieron por encima del potencial calculado, mientras que solo un campo de 40 estuvo por encima del potencial calculado para los períodos de 28 días (**Figura 46**). Utilizando el conteo completo de 6 semanas, los campos estaban entre 3,5 y 18 % por debajo del potencial calculado y solo un campo arrojó un valor contado más alto que el calculado.

Los productores participantes dependen del riego por inundación con intervalos de una a dos semanas y pueden aplicar agua en exceso para compensar el largo intervalo entre riegos sucesivos y la posibilidad de falla del canal, lo que resulta en suelos que fluctúan entre el exceso y la escasez de agua en cada intervalo de riego. La mayor frecuencia de conteos por encima del potencial calculado para el período de 14 días también sugiere el uso de dos conteos sucesivos de 14 días. Se orientó a los productores y técnicos a seleccionar plantas individuales en situaciones contrastantes dentro del campo para proporcionar información sobre las posibles causas de las tasas diferenciales de emisión de hojas, que no se exploran aquí. Los conteos de campo de las emisiones de hojas para plantas individuales para el período de 14 días variaron entre 1-2 hojas (calculado 1,6 - 1,8), para el período de 28 días 2,4 - 3,8 hojas (calculado 3,2 - 3,5) y para el período de 42 días 4 - 5,6 hojas (Calculado 4,9 - 5,3). El rango de máximo y mínimo se muestra en barras de error en la **Figura 47**.

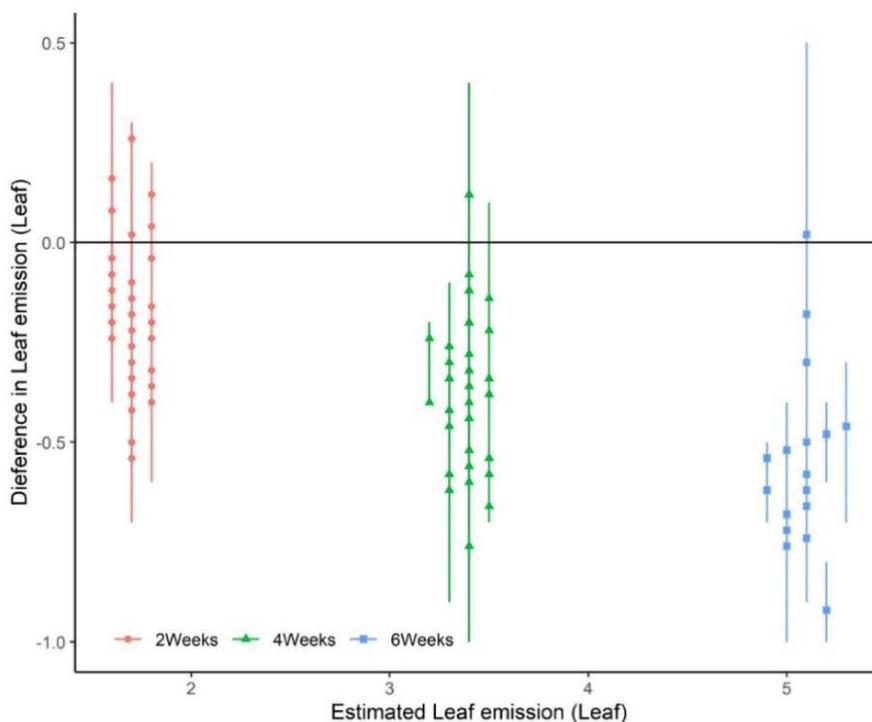


Figura 47. Contraste cálculos vs datos de campo

PERÚ

La caracterización del potencial de emisión de hojas registrado cada 14 días desde el mes de agosto del 2021 al mes de julio del 2022 indica una variación de 1,1 hojas, incrementándose hasta 1,8 hojas en el mes de marzo y un descenso hacia los siguientes meses, registrándose 1,1 en el mes de julio (**Figura 48**).

Una comparación de la Tasa potencial y real de Emisión foliar a los 14 días terminando el 22 de abril, muestra que, de todos los registros de la tasa de emisión foliar real, solo hay un registro por encima de la tasa potencial (**Figura 49**).

Los conteos en campo de las emisiones de hojas para plantas individuales para el período de 14 días variaron entre 1,0, 1,2 y 1,4, (calculado 1,4 y 1,6) haciendo un promedio de 1,24 hojas.

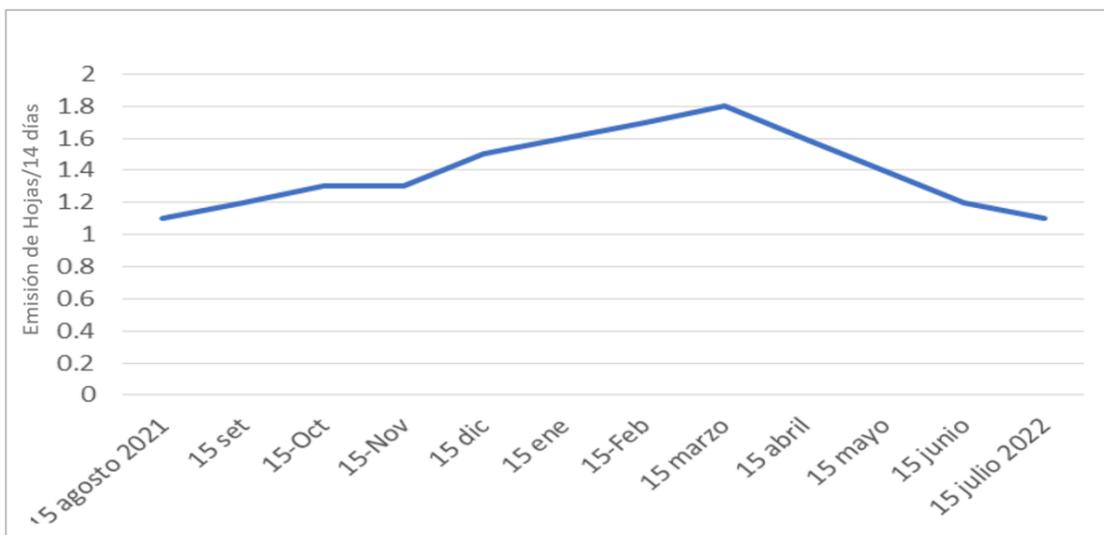


Figura 48. Caracterización mensual del potencial de Emisión de hojas

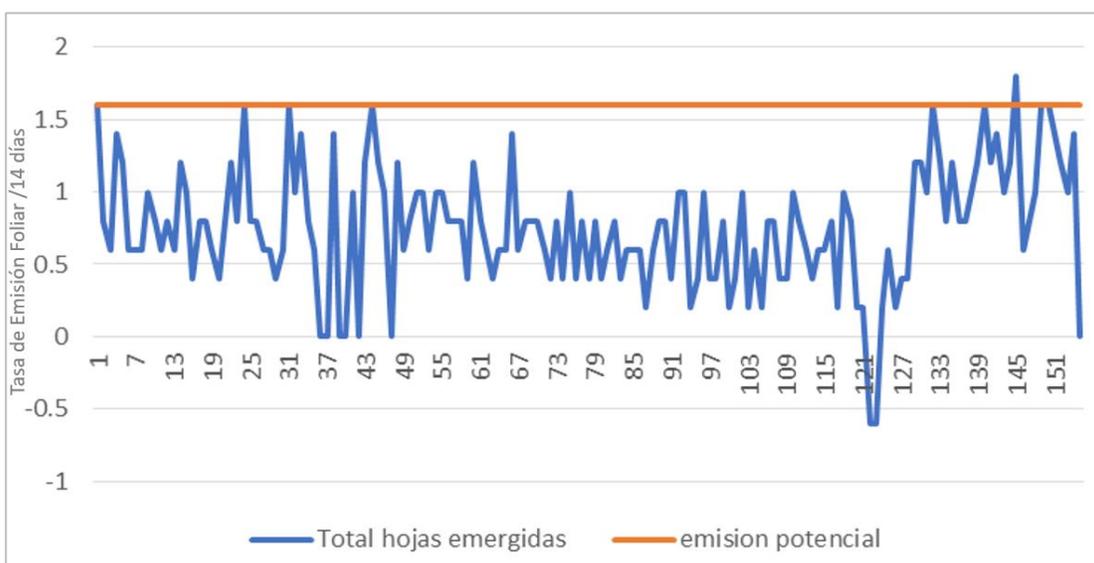


Figura 49. Caracterización de la Tasa de Emisión de Hojas a los 14 días terminando el 22 de abril

Es importante indicar que para el periodo de estudio se contó con los datos emitidos por la estación agrometeorológica ubicada en la provincia de Morropón, y los campos de evaluación se ubicaron en la provincia de Sullana. Es necesario una siguiente fase de evaluación en campo y los registros climáticos de una estación agrometeorológica ubicada en el ámbito de los campos a evaluar. Para ello se ha previsto implementar e interconectar al Aplicativo la Estación Agrometeorológica del INIA.

Función 2. Cálculo del período de floración a cosecha

COLOMBIA

La fecha óptima de cosecha ha sido estimada en función de la acumulación de 900 GD por la fruta desde el inicio de la floración y hasta que se complete este acumulado. Las fincas evaluadas manejan fecha de cosecha en función de la semana y calibre de la fruta, siempre realizando esta labor entre semana 9 y máximo semana 12. Teniendo en cuenta la metodología de cosecha en la región de evaluación para el periodo entre enero de 2021 y septiembre de 2022, la fruta fue cosechada en diferentes grados de maduración o acumulación de GD, en función de la semana de cosecha y la época del año, por ejemplo para la semana uno del año 2021 la fruta cosechada en 9 semanas alcanzó 878,94 GD acumulados desde la floración, mientras que si se cosechó en la semana 12 alcanzó 1179,34 GD acumulados cifra en donde es muy probable que la fruta haya presentado sobre madurez fisiológica (**Figura 50**).

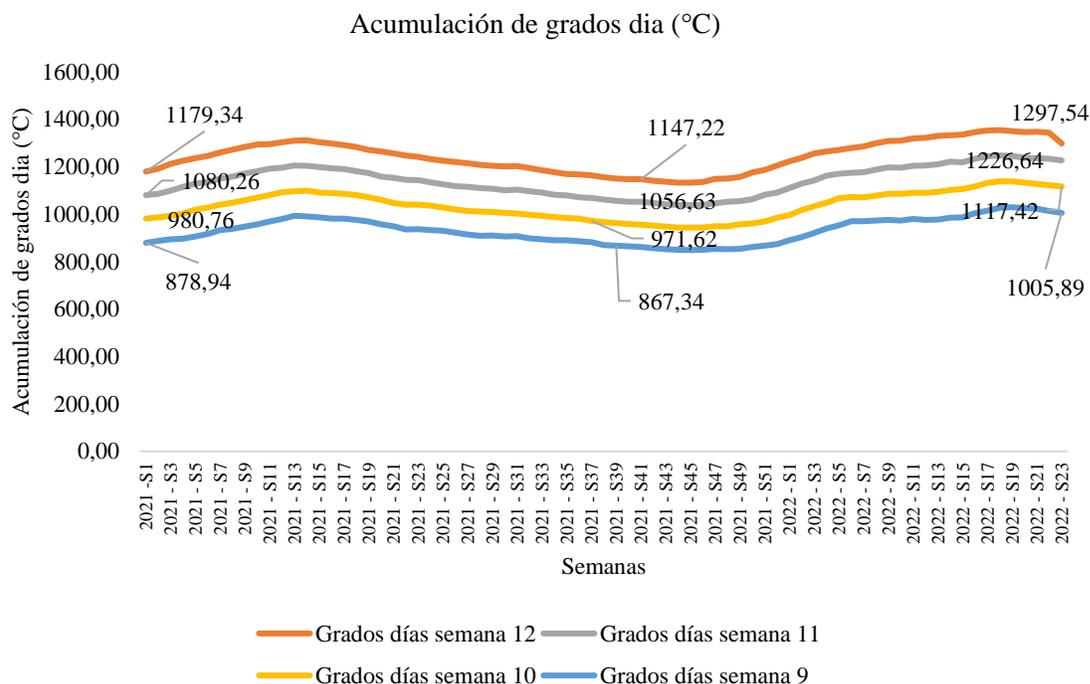
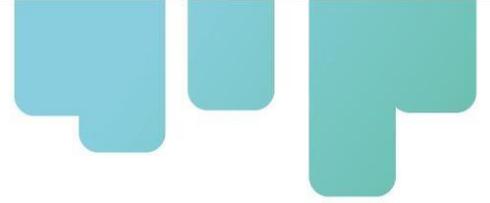


Figura 50. Acumulación de GD por la fruta de banano en zona bananera de Magdalena, en el periodo de enero de 2021 y diciembre de 2022.



En las primeras 18 semanas del año 2021, es decir entre enero y abril se cosechó entre 43,97% a 80,37% de la fruta en la semana 12 después del encintado, y entre 17,21% y 49,13% en semana 11 después del encintado. Posteriormente, entre la semana 19 y 52 del año 2021 más del 60% de la fruta se cosechó en semana 10 después del encintado, mientras que entre 13,58% y 32,42% se cosechó en la semana 9 después del encintado. Para el año 2022 la distribución de la semana de cosecha varió respecto al año 2021, siendo cosechada principalmente la fruta entre semana 9 y 10 después del encintado (entre 33,41% y 60,72%) (**Figura 51**).

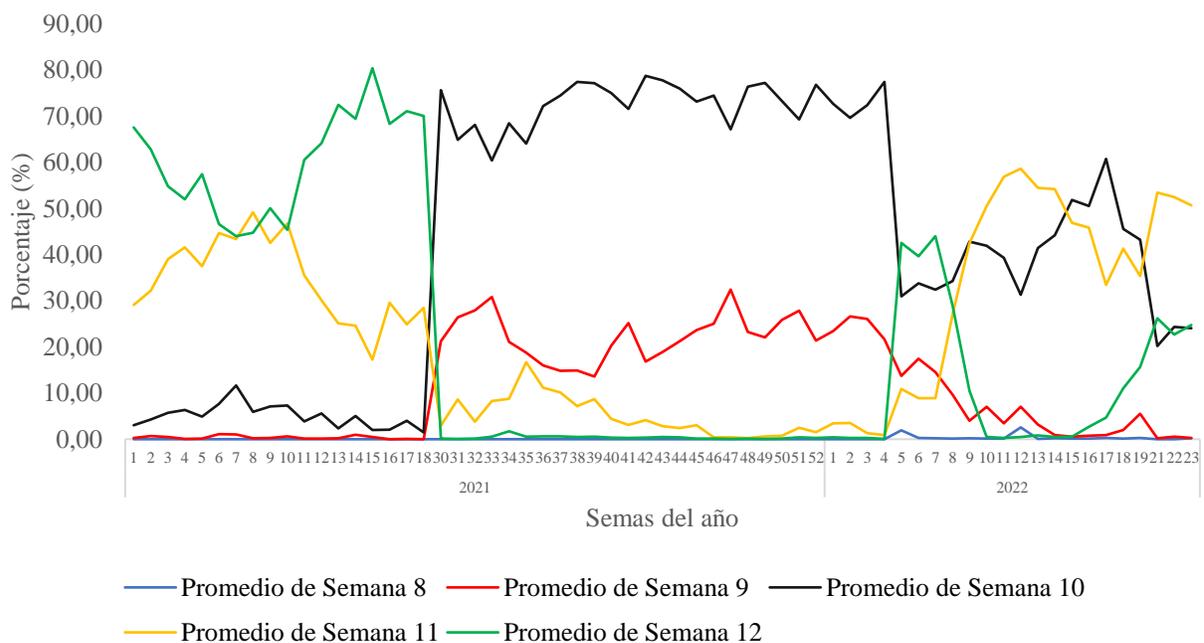
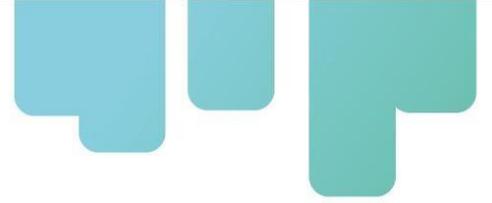


Figura 51. Semana promedio de cosecha implementado en seis parcelas experimentales de banano en el departamento del Magdalena.

Lo anterior varía de lo reportado para otra región productora de banano en Colombia, Urabá-Antioqueño, donde los cultivares (cvs.) Valery y Gran enano son los más sembrados. Estos cultivares presentan un crecimiento de curva sigmoidea, sin embargo, el desarrollo del racimo se inicia con la diferenciación floral del meristemo apical, con una fase logarítmica corta y estrecha, terminando con la emisión de la bacota, en el cv. Valery esta fase es de 75 días (entre 116 y 191 DDS), mientras que en el cv. Gran Enano es de 57 días (entre 116 y 173 DDS). El inicio de la fase lineal, donde el cambio en la pendiente es mínimo, está determinado por la acumulación de materia seca. La pendiente de la curva en el cv. Valery muestra incremento lento entre 116 y 220 DDS, con posterior aumento rápido hasta la cosecha (255 DDS). Mientras que en el cv. Gran Enano el crecimiento del racimo es lento entre 116 y 152 DDS, y más acelerado y progresivo entre 173 y 220 DDS, hasta el momento de la cosecha (235 DDS) (Martínez y Cayón, 2011).



REPÚBLICA DOMINICANA

El período desde la floración hasta la cosecha del racimo basado en la acumulación de 900 GD varía para Amina y Montecristi de 8,1 a 11,3 semanas, desde la temporada de sol alto hasta la de sol bajo (**Figura 52**). Montecristi tiene media semana a una semana completa con período más corto dependiendo de la temporada. El valor calculado con base en la fecha de cosecha se contrastó con el promedio ponderado de la edad del racimo en base al número de racimos por cada color de bandera y la edad del racimo correspondiente en semanas.

El personal de las asociaciones de comercialización lleva a cabo una rigurosa rutina semanal con los productores y sus campos para garantizar que solo se procesen las bananas del calibre y grado de madurez especificados. No es sorprendente que los datos de campo y el potencial calculado no difieran mucho (**Figura 53**) con el 83 % de las cosechas dentro del 6 % del potencial calculado y el 17 % restante cosechado antes del límite estimado de 900 grados por día. Dada la extrema vigilancia ejercida por las asociaciones de marketing sobre este punto, es posible que se necesiten otros datos para evaluar la práctica de campo en comparación con el potencial. El porcentaje de racimos que no fueron procesados, aunque hayan sido marcados, por ejemplo, podría indicar posibles condiciones de crecimiento subóptimas.

Para 60 colores de bandera en las 20 fincas, nueve tenían del 10 al 20 % de racimos con bandera que quedaban en el campo, 18 del 5 al 10 % y el resto mostraba menos del 5 % de racimos con bandera que no fueron procesados (datos no mostrados). Los racimos que se rechazan debido a la sobremadurez justo antes del desmantelamiento también pueden proporcionar información adicional para un análisis de factores para mejorar la eficiencia utilizando datos meteorológicos. La aplicación también ofrece un cálculo de la fecha de cosecha proyectada en función de la fecha de marcado, lo que requiere pruebas de campo adicionales y calibración de la temperatura adecuada para su uso en la fecha de cosecha proyectada.

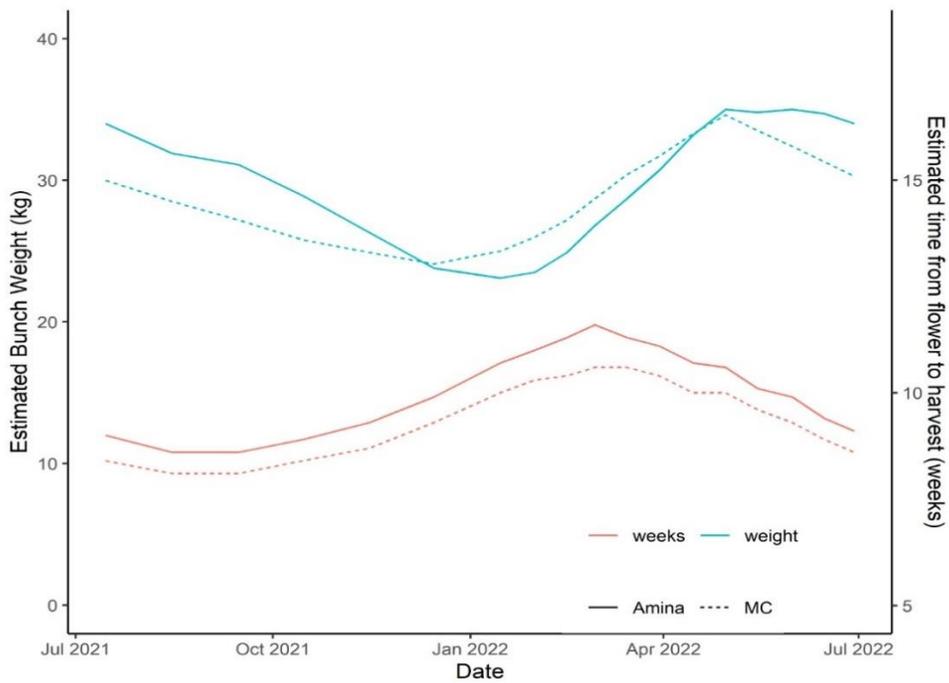


Figura 52. Contraste entre cálculo °AHOra vs datos de campo para duración de floración a cosecha (rojo) con escala a la derecha, y peso potencial del racimo (azul) con escala a la izquierda

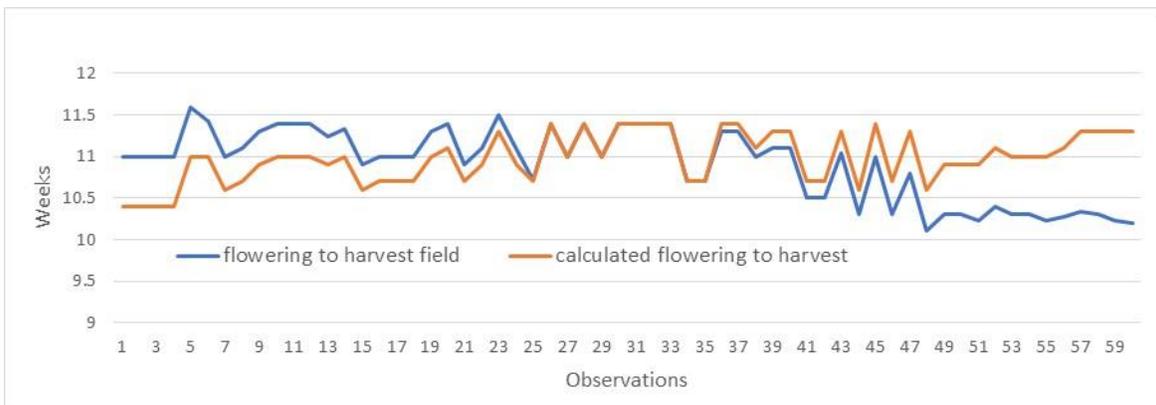
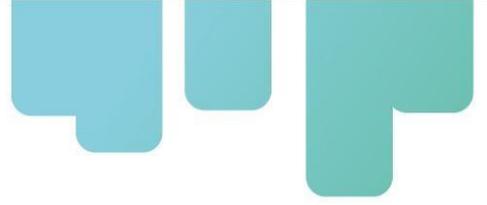


Figura 53. Contraste de datos de campo vs datos de la App °AHOra



PERÚ

El período desde la floración hasta la cosecha del racimo basado en este cálculo corresponde a la estación Agrometeorológica de Buenos Aires, el potencial registrado fluctúa desde 10 a 14 semanas (**Figura 54**).

El valor calculado con base en la fecha de cosecha se contrastó con el promedio ponderado de la edad del racimo con base en el número de racimos por cada color de cinta y la edad del racimo correspondiente en semanas. El promedio del número de semana fue de 9,8 semanas y el real fue de 11,2 (**Tabla 16**). Al realizar la comparación el número de semanas de floración a cosecha real superó el promedio potencial. El número mínimo de semanas potencial fue de 9,7 y el real fue de 10,4. El máximo potencial fue de 9,9 y el real fue de 11,75 (**Figura 55**).

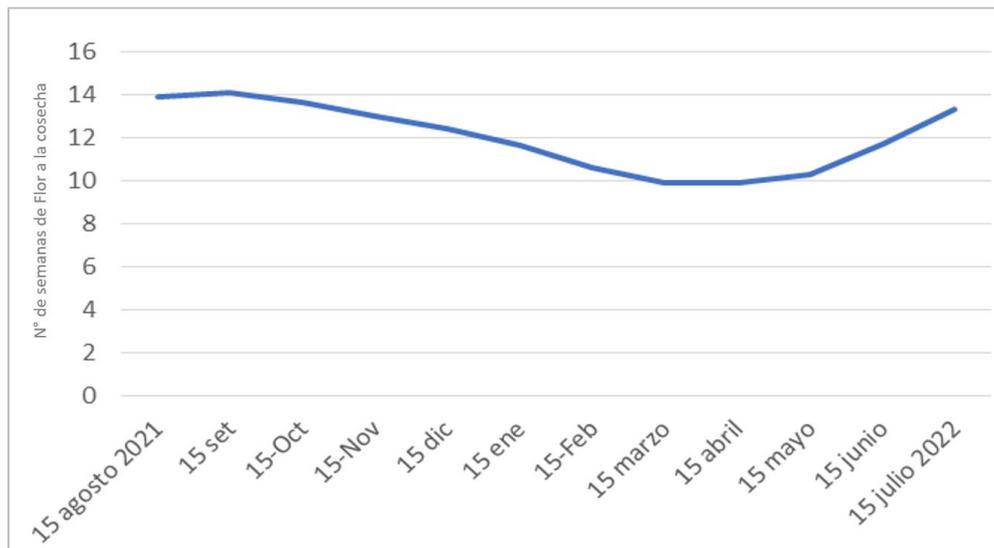


Figura 54. Caracterización mensual del potencial del periodo de Floración a Cosecha

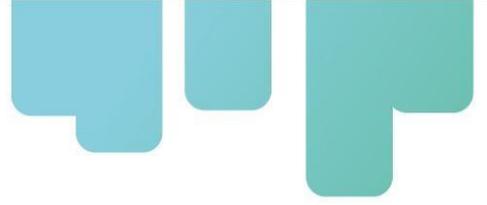


Tabla 16. Cálculo °AHOra vs campo– semanas floración a cosecha marzo abril 2022

semana del año cosecha	color de la cinta	N° Racimos	Edad de racimo		Total semanas	Promedio Real semanas	Semanas AHOra
11	marron	10	12	120			
16 marzo	amarillo	1	11	11	141	11.75	9.9
	azul	1	10	10			
12	amarillo	5	12	60			
23 marzo	azul	1	11	11	91	11.4	9.7
	rojo	2	10	20			
13	azul	1	12	12			
30 marzo	rojo	3	11	33	75	10.7	9.7
	blanco	3	10	30			
14	rojo	3	12	36			
6 abril	blanco	4	11	44	99	11	9.7
	negro	1	10	10			
	verde	1	9	9			
15	blanco	5	12	60			
13 abril	negro	0	11	0	80	11.4	9.7
	verde	2	10	20			
16	negro	2	9	18			
20 abril	verde	2	10	20	48	10.4	9.9
	lila	1	10	10			
17	verde	3	12	36			
27 abril	lila	2	11	22	58	11.6	9.9
	marron	0		0			

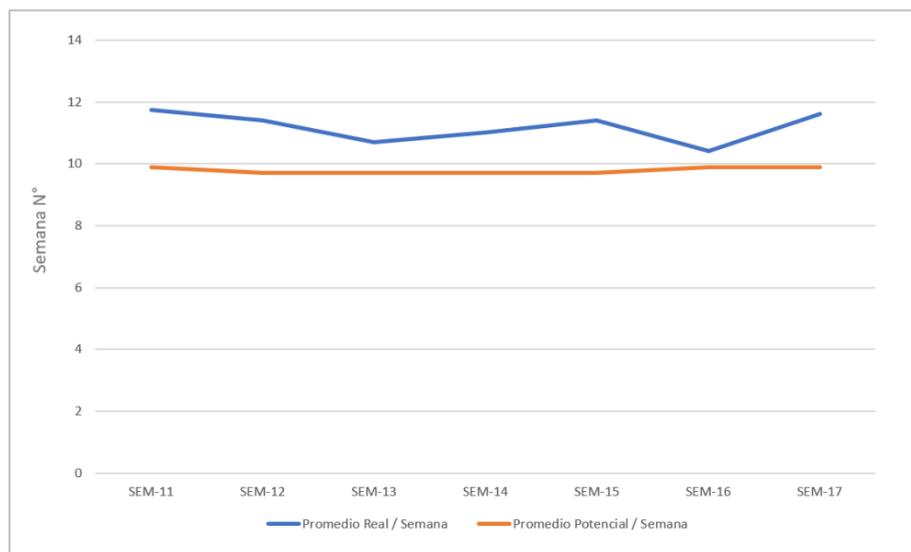
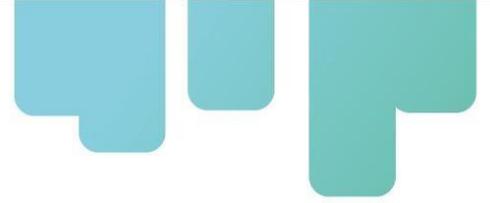


Figura 55. Periodo Potencial y Real de Floración a Cosecha



Función 3. Cálculo del peso potencial del racimo.

COLOMBIA

El peso del racimo cuantificado *in situ* en las seis parcelas evaluadas comparado con el peso estimado con la aplicación °AHOra no presentó diferencias significativas para ninguna de la semana de cosecha evaluadas (Semana 10, 11 y 12) (**Tabla 17**).

Tabla 17. Peso del racimo cuantificado in situ vs peso estimado utilizando la aplicación °AHOra para tres semanas de cosecha evaluado durante 10 semanas consecutivas.

Tratamiento		Semana 10	Semana 11	Semana 12
Peso Real Racimo (kg)		20,55 ^a	20,61 ^a	20,82 ^a
Peso estimado Aplicación °AHOra (kg)		19,73 ^a	19,85 ^a	19,68 ^a

*Letras diferentes indican diferencias significativas después de Tukey ($p < 0,05$)

Si bien no existen diferencias significativas estadísticamente, si existe una diferencia biológica entre el peso real vs peso estimado con la aplicación, lo cual está influenciado por el manejo agronómico realizado en la finca o parcelas (**Tabla 18**). Es importante resaltar que la aplicación es una herramienta de apoyo para la toma de decisiones y permite al productor proyectar indicadores de cultivo en función del comportamiento climático predisponente.

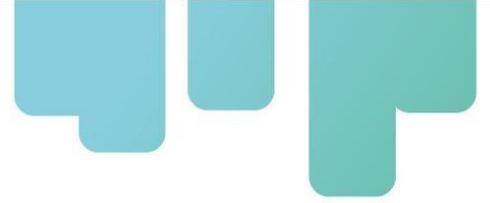


Tabla 18. Peso promedio del racimo en seis parcelas experimentales en función de la semana de cosecha.

Tratamientos	Semana 10	Semana 11	Semana 12
Parcela 1	21,57 a	21,63 a	21,52 a
Parcela 2	21,01 ab	21,56 ab	21,02 a
Parcela 3	20,17 b	20,32 b	20,59 a
Parcela 4	20,42 ab	20,52 ab	20,77 a
Parcela 5	18,66 c	18,63 c	18,95 b
Parcela 6	18,98 c	18,73 c	18,66 b

* Las medias con letras distintas indican una diferencia significativa después de la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$)

La correlación en función de la semana de cosecha permite apreciar por ejemplo para la semana 10 después del encintado un $R^2 = 0,6523$ entre el peso del racimo in situ vs peso del racimo estimado con la aplicación °AHoRa, $R^2 = 0,7344$ para la semana 11 después del encintado y $R^2 = 0,7569$ para la semana 12 después del encintado (**Figuras 56, 57 y 58**).

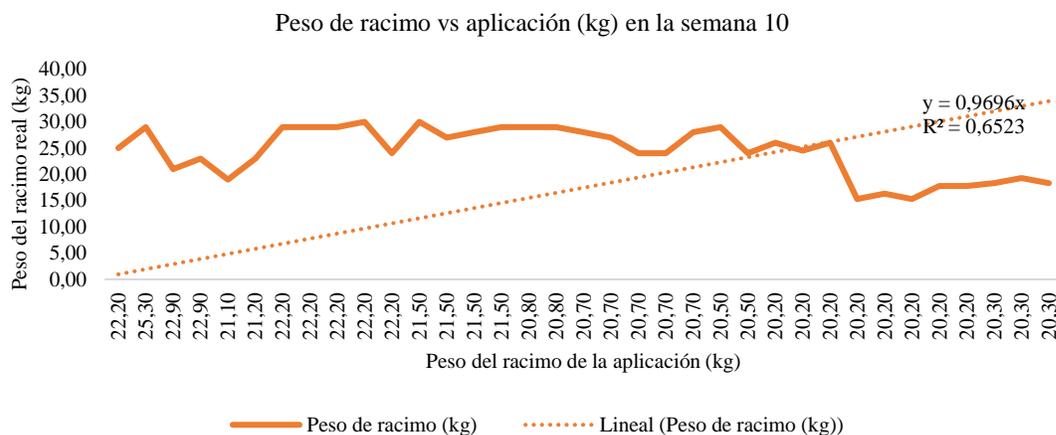


Figura 56. Correlación de Pearson entre el peso in situ del racimo cosechado en la semana 10 después del encintado vs el peso cuantificado con el uso de la aplicación °AHoRa.

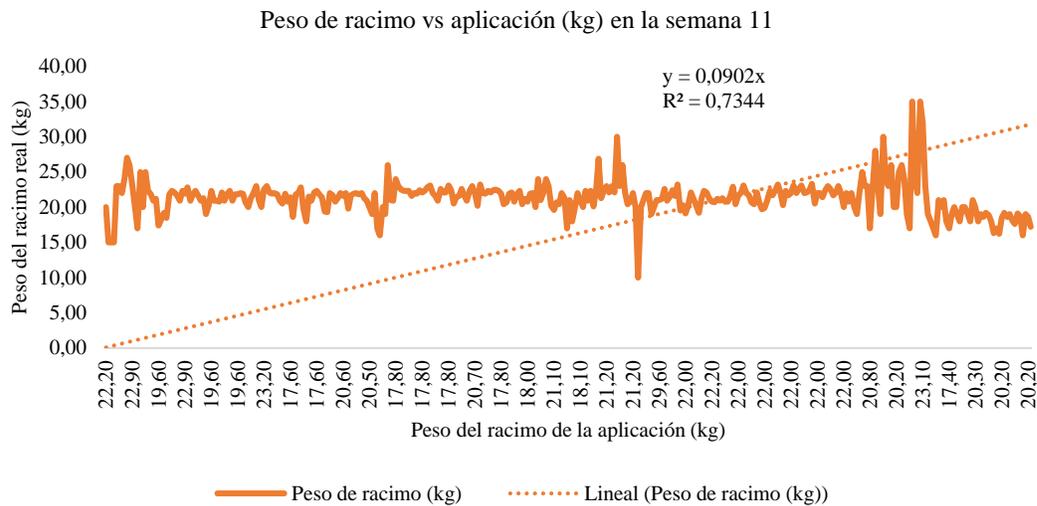


Figura 57. Correlación de Pearson entre el peso in situ del racimo cosechado en la semana 11 después del encintado vs el peso cuantificado con el uso de la aplicación °AHoRa.

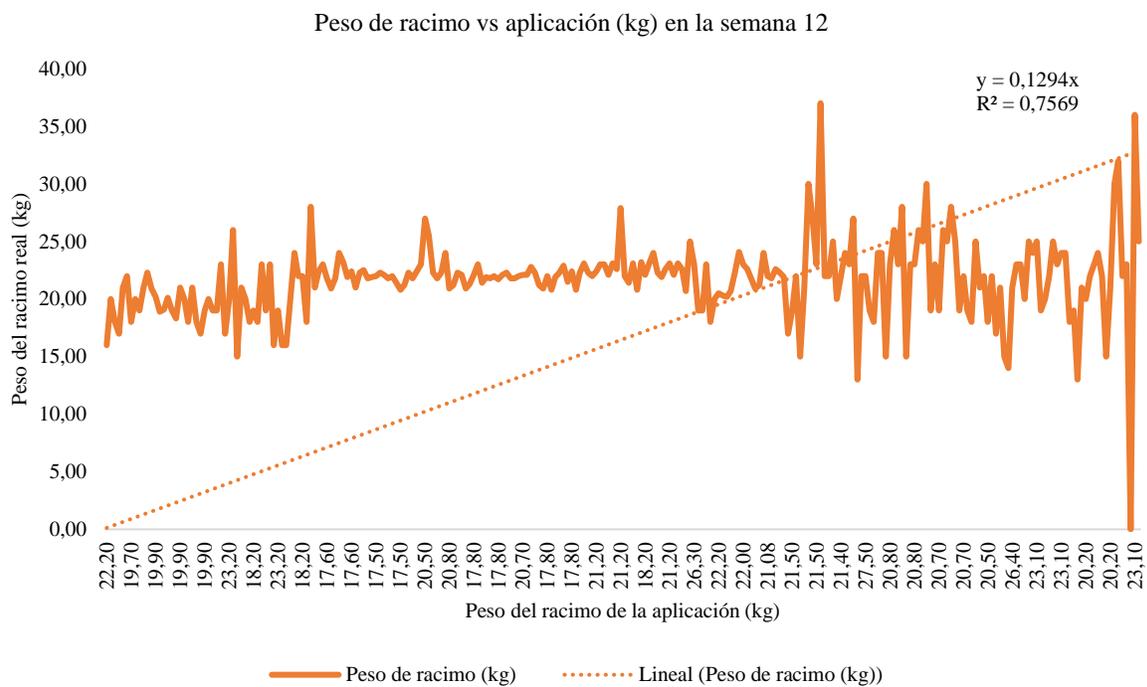
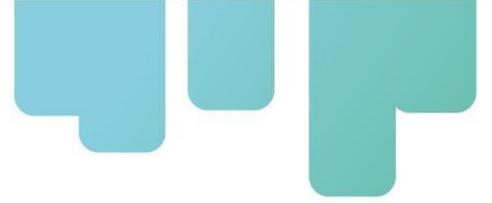


Figura 58. Correlación de Pearson entre el peso in situ del racimo cosechado en la semana 12 después del encintado vs el peso cuantificado con el uso de la aplicación °AHoRa.



El rendimiento en biomasa está en función de la eficiencia de conversión de radiación fotosintéticamente activa interceptada en fotoasimilados y varía dependiendo de las condiciones de manejo agronómico en que se cultiva una planta.

En el cultivo, se han utilizado dos enfoques para analizar la respuesta de los bananos a la radiación solar entrante. El primer enfoque es el efecto del sombreado. Es sensato investigar esto porque el aumento de la densidad de las plantas reduce la cantidad de luz solar disponible por planta y, en los jardines, los plátanos se pueden cultivar como sotobosque. Turner (1998) resumió los hallazgos de los experimentos de sombreado y estos muestran que, en sombra profunda, el aumento en el rendimiento es proporcional a la mayor cantidad de luz recibida.

A niveles más altos de radiación, otros factores comienzan a limitar el rendimiento y, por lo tanto, no hay más respuesta al aumento de la radiación. El segundo enfoque es el propuesto por Monteith (1981) donde, para las plantas en general, la cantidad de crecimiento es proporcional a la radiación interceptada, independientemente de la cantidad de radiación entrante. Este enfoque ha sido ampliamente aceptado entre los fisiólogos de cultivos y en los bananos se ha utilizado para estimar la demanda estacional de nitrógeno (Turner, 1990) y la productividad de los bananos en una variedad de entornos (Turner, 1998).

La ecuación de Monteith se ha modificado para los bananos para incluir los efectos de la temperatura y el vigor de la planta, expresados como el tiempo de ciclo de los cultivos de retoños (Turner, 1994, 1998). Se necesitan datos para determinar los coeficientes, especialmente la eficiencia del uso de la radiación. Es posible utilizar este enfoque para estimar el rendimiento potencial de un sitio (Turner, 1998) y, a pesar de la cantidad de supuestos, el enfoque de Monteith brinda información sobre el efecto del cultivo protegido en el rendimiento del banano. En esa situación hay un aumento en la productividad (20-30%) pero una reducción en la cantidad de radiación solar (20%) debajo de la cubierta protectora (Galán Sauco et al., 1992).

La reducción de la radiación entrante reduciría el rendimiento en algunas fincas de la región de la costa colombiana, motivado a que a pesar de ser regiones que comparten características climáticas, la radiación es muy diferente en las fincas evaluadas. La radiación solar en la región es muy variable en el año con valores de 50-110 Mj/m², siendo muy superior en diferentes regiones de la costa colombiana, lo cual podría tener implicación en las variables asociadas a la fenología, en términos de acumulación de calor. El modelo de Monteith explica la respuesta observada porque el cultivo protegido aumenta el índice de área foliar- LAI y cambia el coeficiente de extinción de tal manera que las plantas interceptan más radiación entrante que sus contrapartes que crecen en una plantación abierta (Turner, 1998b). Las plantas al aire libre no tienen suficiente área foliar para interceptar tanta radiación como sus contrapartes cubiertas, y la disposición de sus hojas magnifica este efecto.

REPÚBLICA DOMINICANA

En la aplicación °AHOra, la radiación solar diaria registrada por las estaciones meteorológicas se convierte en potencial de rendimiento del banano como peso potencial del racimo. Después de la floración, la emisión de hojas y raíces se detiene y el principal sumidero para la fotosíntesis es el racimo. La radiación incidente (I0) se convierte en radiación interceptada (I) mediante la ecuación de Beer-Lambert: $I=I_0(1-e^{-KL})$ con un coeficiente de extinción (K) de 0,7 (Nyombi et al., 2009, Stevens et al., 2020) y un índice de área foliar (L) para banano de 3.5. Cada MJ/m² interceptado se convierte en biomasa de racimo de banano a razón de 1,5 g/MJ/m² multiplicado por los metros cuadrados ocupados por un tallo de banano en función de la densidad de población de la estera. Una densidad de 2000 esteras se calcula a 5 m²/planta. El peso fresco potencial del racimo (25% de materia seca) para Amina y Montecristi varía de 23.1 a 35 kg desde la temporada de día corto hasta la de día largo.

Los 400 racimos pesados en dos fechas diferentes en las 20 fincas de prueba oscilaron entre 60-70% por debajo del potencial a <10% por debajo del potencial (**Figura 59**). Siete racimos excedieron el potencial calculado. Cinco fincas tenían los 35 racimos superiores al 80% del potencial calculado (**Figura 60**).

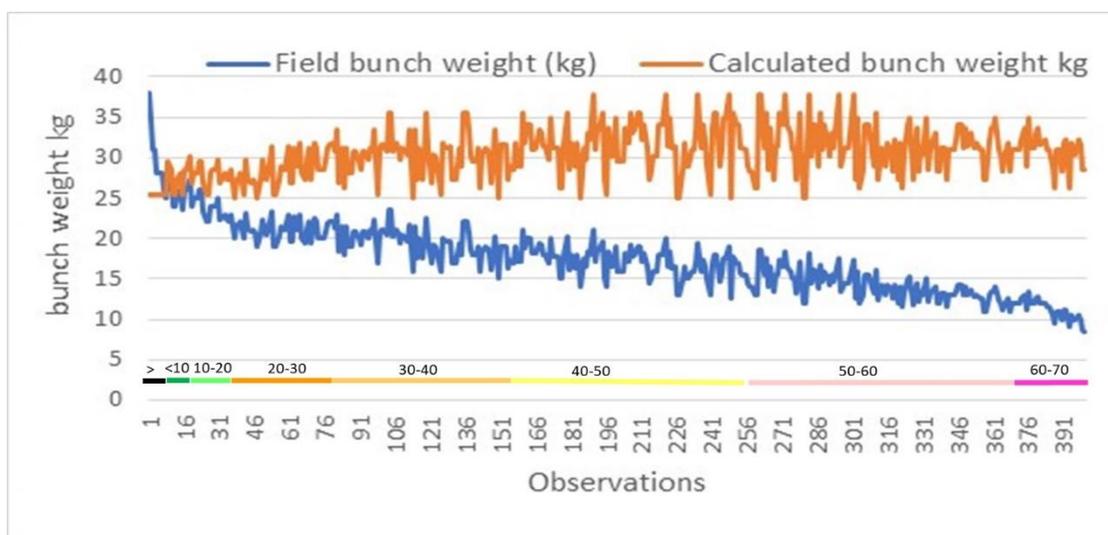


Figura 59. Peso del racimo registrado en campo y arrojado por la App °AHOra en 20 fincas, en dos fechas de muestreo en cada finca.

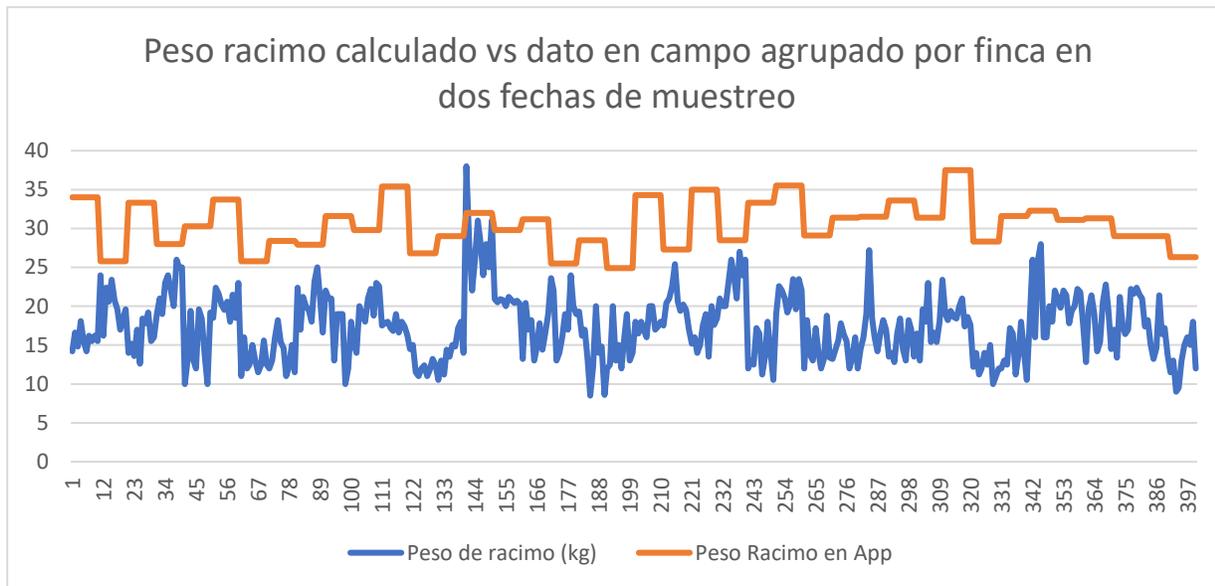


Figura 60. caracterización de potencial mes a mes durante el periodo 21 – 22. Contraste entre cálculo °AHoRa y datos de campo agrupados por finca y fecha de muestreo.

PERÚ

En el registro del peso potencial se observa que el peso promedio mensual de los racimos varió desde 23 a 45 kg (**Figura 61**). De acuerdo con los 75 racimos registrados, se observa que cuando se hace la comparación de los registros reales y potenciales, se observa que 55% de racimos pesados no superan los 20 kg. El 45% de racimos está por encima de 20 kg. Siendo el peso mínimo 10,94 kg y el máximo registrado fue de 44 kg. El peso potencial mínimo del racimo fue de 25,7 y el máximo fue de 32 kg (**Figura 62**).

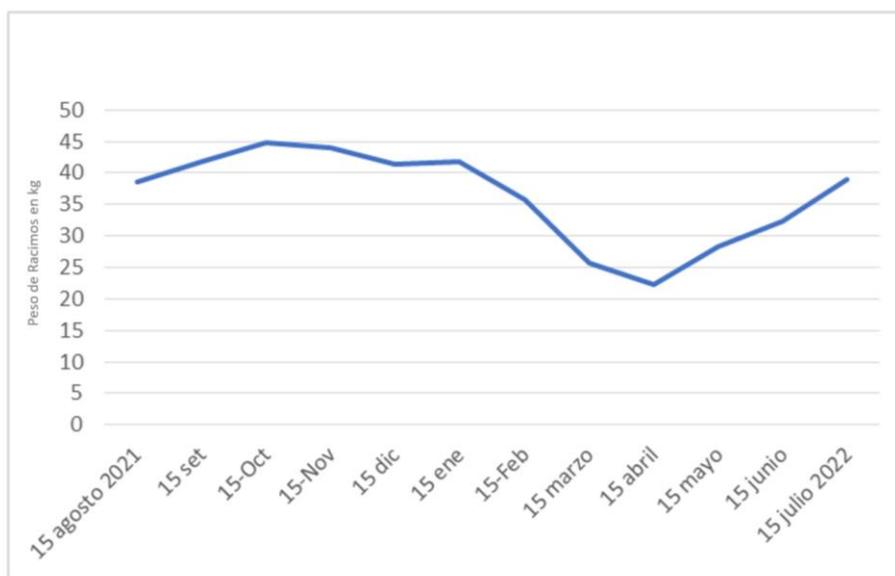


Figura 61. Caracterización mensual del peso potencial del racimo

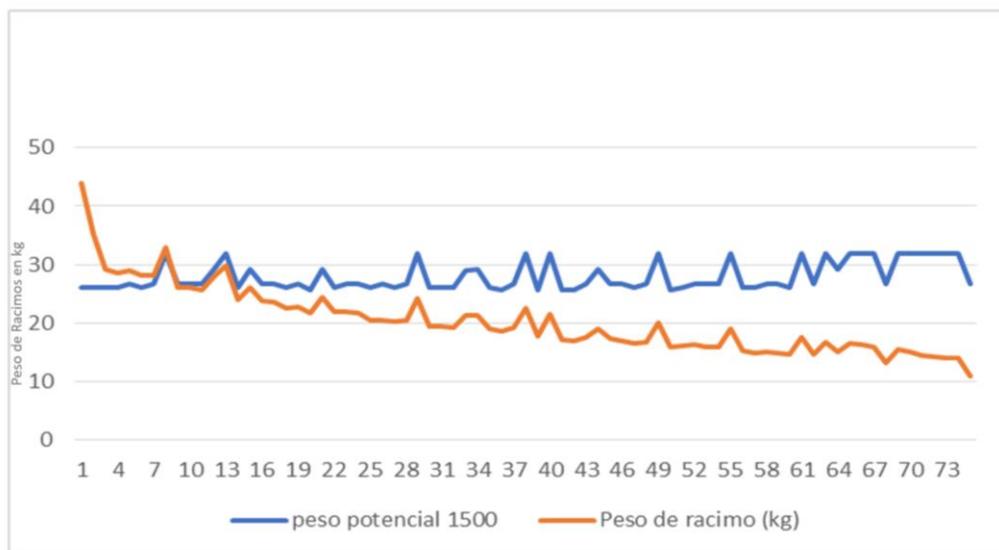
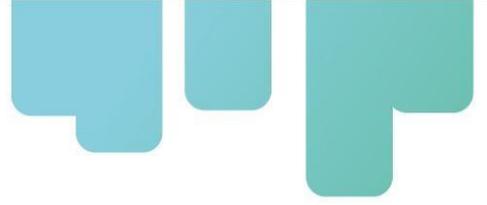


Figura 62. Contraste de Caracterización del peso potencial y real del racimo

Los datos registrados en campo y los que genera el aplicativo, indican que casi la totalidad de los datos tomados en campo no superaron el peso potencial, solo se observa que el 6,5 % registra un peso mínimo de 33 kg y 44 kg el peso real, superando al peso potencial. Los casos de racimos por encima del cálculo de potencial se podrían deber a una menor población de plantas a nivel local o en el borde con mayor acceso a radiación combinado con cosecha en una semana más avanzado.



Función 4. Cálculos de la demanda de nutrientes

COLOMBIA

El plan de fertilización formulado por la aplicación °AHoRa en función de la extracción de nutrientes por tonelada cosechada se presenta en las **tablas 19, 20 y 21**. Las cantidades de nutrientes a reponer al suelo, mediante la práctica de la fertilización, cambian en función de la productividad, siendo mayor las necesidades a mayor número de toneladas cosechadas.

Tabla 19. Plan de fertilización cuantificado por la aplicación °AHoRa cuando se cosecha en promedio 38 toneladas/ha.

Nutrientes	Por planta(g)	Por hectárea(Kg)
N	92.2	156.74
P	18.44	31.35
K	276.6	470.22
Ca	46.1	78.37
Mg	8.3	14.11
S	4.61	7.84
Fe	0.18	0.31
Cu	0.04	0.07
Mn	0.06	0.1
Sn	0.05	0.08
B	0.06	0.1

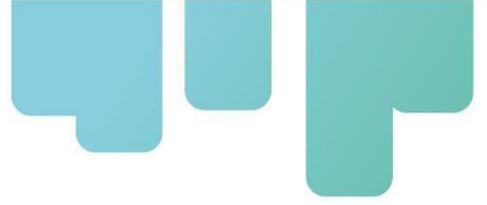
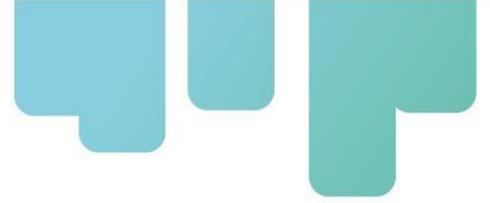


Tabla 20. Plan de fertilización cuantificado por la aplicación °AHoRa cuando se cosecha en promedio 42 toneladas/ha.

Nutrientes	Por planta(g)	Por hectárea(Kg)
N	101.2	172.04
P	20.24	34.41
K	303.6	516.12
Ca	50.6	86.02
Mg	9.11	15.49
S	5.06	8.6
Fe	0.2	0.34
Cu	0.04	0.07
Mn	0.06	0.1
Sn	0.06	0.1
B	0.07	0.12

Tabla 21. Plan de fertilización cuantificado por la aplicación °AHoRa cuando se cosecha en promedio 45 toneladas/ha.

Nutrientes	Por planta(g)	Por hectárea(Kg)
N	110.4	187.68
P	22.08	37.54
K	331.2	563.04
Ca	55.2	93.84
Mg	9.94	16.9
S	5.52	9.38
Fe	0.21	0.36
Cu	0.04	0.07
Mn	0.07	0.12
Sn	0.06	0.1
B	0.08	0.14



La implementación del plan de fertilización propuesto por la aplicación en promedio requiere de la inversión económica de \$5.000.000 ha⁻¹ para adquisición de las fuentes de fertilizantes. En la actualidad el plan de fertilización implementado por los productores es el siguiente (**tabla 22**):

Tabla 22. Plan de fertilización en Kg por hectárea implementado en 10 fincas bananeras del departamento del Magdalena.

Fincas	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Si	Cu
Finca 1	338,35	70,7	514,85	81,35	43,675	67,75	2,07	7,87	8,5	0
Finca 2	350,15	70,7	573,35	79,7	42,55	67,75	2,07	7,87	8,5	0
Finca 3	365,1	70,7	592,85	79,7	42,55	67,75	2,07	7,87	8,5	0
Finca 4	335,2	70,7	514,85	79,7	42,55	67,75	2,07	7,87	8,5	0
Finca 5	350,15	70,7	573,35	79,7	42,55	67,75	2,07	7,87	8,5	0
Finca 6	331,45	90,95	511,1	79,7	46,55	69,75	2,15	7,91	8,5	0
Finca 7	365,1	70,7	592,85	79,7	42,55	67,75	2,07	7,87	8,5	0
Finca 8	350,15	70,7	573,35	79,7	42,55	67,75	2,07	7,87	8,5	0
Finca 9	346,75	70,7	514,85	85,75	46,675	67,75	2,07	7,87	8,5	0
Finca 10	356,15	76,7	579,35	79,7	42,55	67,75	2,07	7,87	8,5	0
Promedio	348,855	73,325	554,075	80,47	43,475	67,95	2,078	7,874	8,5	0

Se puede apreciar que el plan de fertilización implementado en la actualidad por los productores supera en 46% la dosis para nitrógeno recomendada por la aplicación, supera en 48% la dosis de fósforo, en 61% la dosis de magnesio, en 86% la dosis de azufre, en 93% la dosis de boro y 98% la dosis de Zn, sin embargo, la aplicación de nitrógeno y calcio realizada por los productores se ajusta a las proyecciones realizadas por la aplicación superando en 1% la dosis propuesta por la aplicación para nitrógeno y en 16% la dosis de calcio (**Tabla 23**).

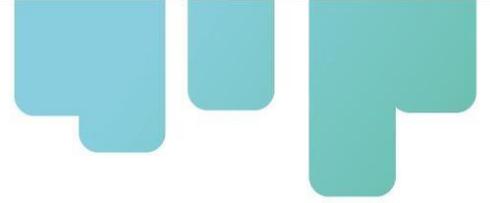


Tabla 23. Comparación del plan de fertilización implementado por los productores en la zona bananera del Magdalena vs la proyección generada por la aplicación °AHoRa, para alcanzar un rendimiento de 45 t ha⁻¹.

Fincas	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Productores	348,855	73,325	554,075	80,47	43,475	67,95	2,078	7,874
Aplicación								
°AHoRa	187,68	37,54	563,04	93,84	16,9	9,38	0,14	0,1
Ahorro (%)	-46,20	-48,80	1,618	16,61	-61,127	-86,19	-93,26	-98,73

La inversión económica del plan de fertilización es en promedio de \$4.000.000 ha⁻¹, que comparados con la recomendación propuesta por la aplicación se podría reducir hasta en un 30%. Es importante resaltar que el proceso de extracción de elementos nutritivos en los frutos depende de varios factores, entre los que se puede mencionar la variedad, clima, suelo, edad de la planta y nivel de rendimiento. Independientemente de los factores antes mencionados, los resultados obtenidos en el proyecto aportan para mejorar la competitividad de la agricultura campesina, familiar y comunitaria, ya que permiten disminuir la aplicación de insumos de síntesis química, con la consecuente reducción de los costos de producción y aumento de la rentabilidad. Asimismo, la menor aplicación de agroquímicos conduce a mejorar la sostenibilidad y a mejorar la calidad de vida de productores y consumidores.

REPÚBLICA DOMINICANA

La radiación solar diaria también es la base de un cálculo de reposición de nutrientes. La biomasa potencial resultante de la radiación interceptada se calcula a partir de la fecha de la aplicación de fertilizante más reciente para el intervalo normal entre aplicaciones de fertilizante. Se supone que los nutrientes exportados como racimos que deben reemplazarse en las aplicaciones de fertilizantes son el 50% de la biomasa total. Las aplicaciones de nutrientes durante los primeros tres meses de 2022 informadas por las 20 granjas participantes fueron entre un 50 y un 100 % inferiores a la tasa de reemplazo calculada para lograr el rendimiento potencial (**Tabla 24 y Figura 63**). Solo 13 fincas aplicaron nutrientes al suelo, de las cuales 8 fincas aplicaron solo sulfato de potasio, 3 fincas compost y 2 fincas tanto sulfato de potasio como compost. Las fincas restantes aplicaron un líquido fermentado anaerobiamente con muy bajo contenido de nutrientes. Estas

bajas tasas de aplicación de nutrientes pueden ser parte de la explicación del bajo peso de los racimos. Una extrapolación de las aplicaciones de nutrientes calculadas para aplicaciones trimestrales a una tasa anual indica aproximadamente 300 y 1000 kg/ha de nitrógeno y potasio (Figura 64 y 65). Turner (1989) propuso un índice de cosecha del 30% que reduciría las aplicaciones anuales a 180 y 600 kg/ha de N y K, respectivamente.

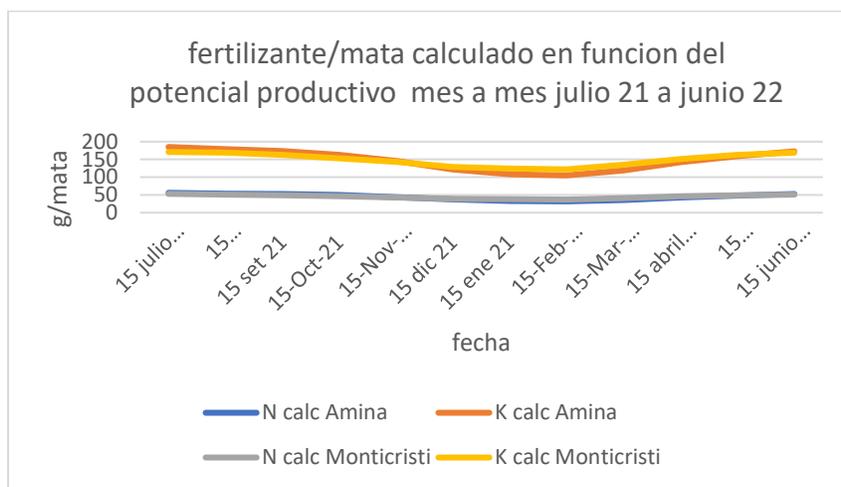


Figura 63. Caracterización mes a mes del potencial para dos zonas de producción

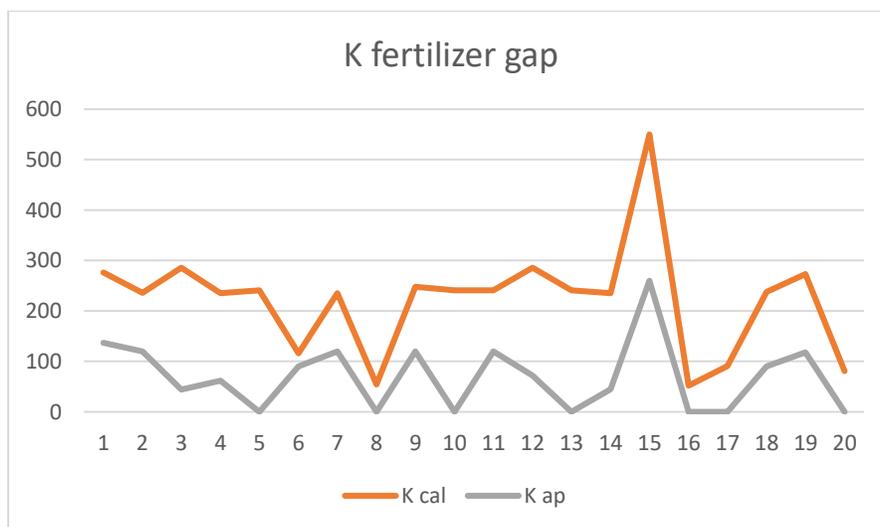


Figura 64. Contraste calculado versus dato tomado

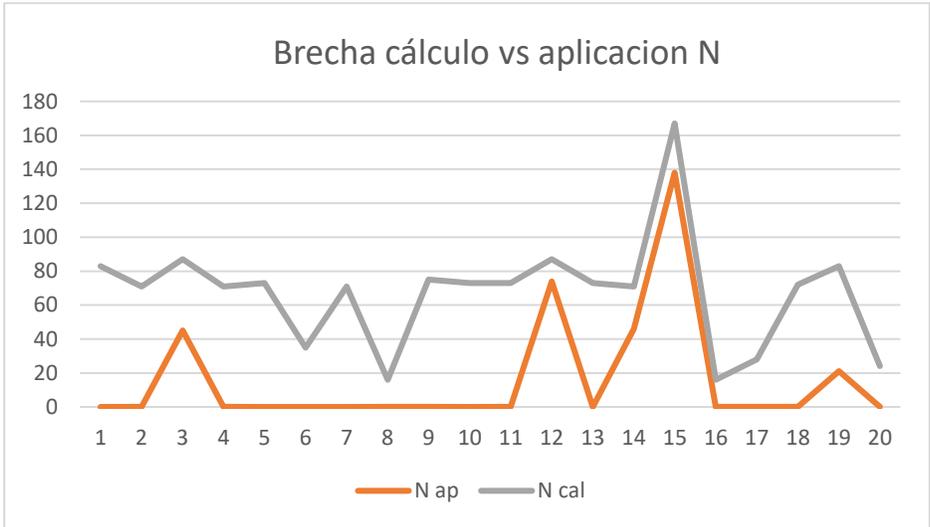
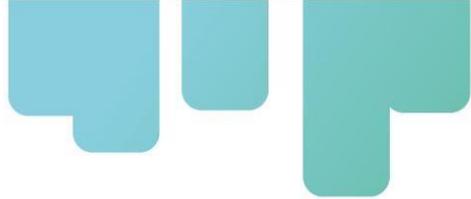


Figura 65. Brecha cálculo vs aplicación N

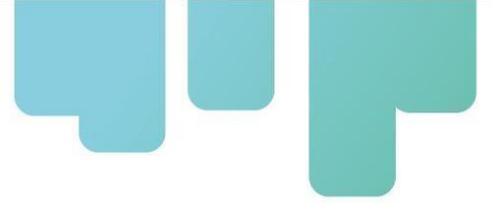
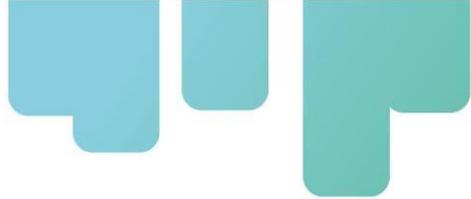


Tabla 24. Aplicación de nutrientes durante el primer trimestre de 2022 informada por 20 granjas

finca	N ap	K ap	N cal	K cal	dif N	df K	% dif N	% dif K
1	0	137	83	276	83	139	1.00	0.50
2	0.07	120	71	236	70.93	116	1.00	0.49
3	45	44	87	286	42	242	0.48	0.85
4	0.02	62	71	235	70.98	173	1.00	0.74
5	0	0	73	241	73	241	1.00	1.00
6	0	90	35	116	35	26	1.00	0.22
8	0	120	71	235	71	115	1.00	0.49
9	0.07	0.07	16	54	15.93	53.93	1.00	1.00
10	0.04	120	75	248	74.96	128	1.00	0.52
10	0	0	73	241	73	241	1.00	1.00
11	0.03	120	73	241	72.97	121	1.00	0.50
12	74	72	87	286	13	214	0.15	0.75
13	0	0	73	241	73	241	1.00	1.00
14	46	45	71	235	25	190	0.35	0.81
15	138	260	167	550	29	290	0.17	0.53
17	0.03	0.03	16	52	15.97	51.97	1.00	1.00
18	0.04	0.04	28	91	27.96	90.96	1.00	1.00
18	0.06	90	72	238	71.94	148	1.00	0.62
19	21	118	83	273	62	155	0.75	0.57
20	0.1	0.1	24	81	23.9	80.9	1.00	1.00



PERÚ

El nitrógeno potencial se encuentra en valores superiores que el nitrógeno extraído y aplicado, de las cuatro fincas estudiadas, hay una finca en la que el nitrógeno aplicado supera el potencial (**Figura 66**). En relación con el Potasio extraído y aplicado se mantiene por debajo de lo calculado por el aplicativo (**Figura 67**). Se considera que se requiere revisar los cálculos del aplicativo a fin de analizar y comparar con los datos registrados en campo.

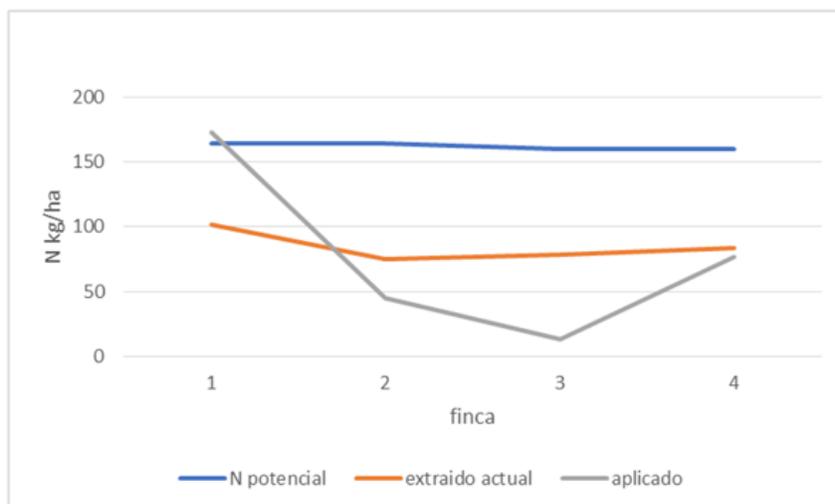


Figura 66. Contraste del Nitrógeno real y el calculado

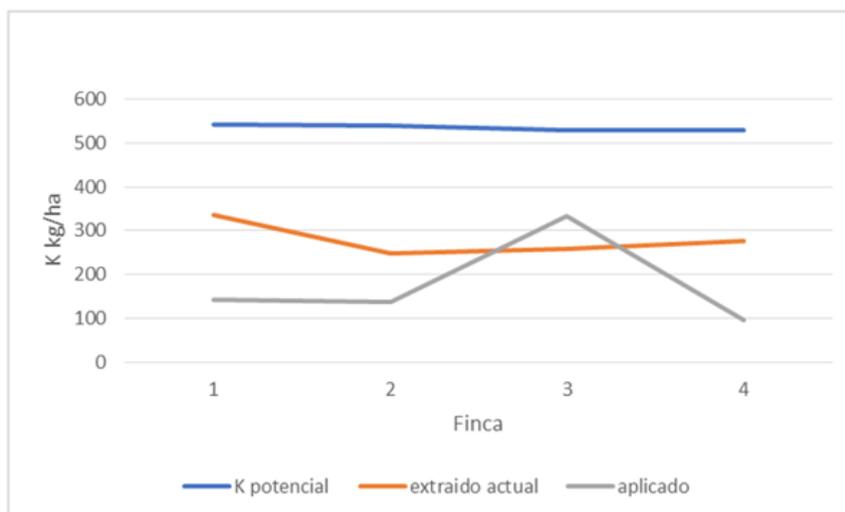
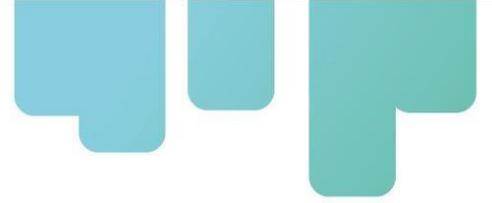


Figura 67. Contraste del Potasio real y el calculado



Función 5. Cálculo de las necesidades hídricas

COLOMBIA

Una vez iniciado el proceso de validación del modelo se pudo identificar por los productores las limitaciones para definir los turnos de riego teniendo en cuenta que la aplicación estaba cuantificando las cantidades de agua que requiere el cultivo en función de un balance hídrico que tiene en cuenta evapotranspiración del cultivo, precipitación, tipo de sistema de riego y coeficiente de cultivo, sin embargo, no tenía en cuenta indicadores importantes del suelo como humedad del suelo antes de iniciar el riego, el riego aplicado por los productores, características del suelo como la densidad aparente y el umbral de humedad en el suelo al cual quieren llegar para garantizar disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas. En ese sentido, al momento de utilizar la aplicación de riego las recomendaciones no eran funcionales porque por ejemplo en la fecha de evaluación en un día cayeron 50 mm de agua en la finca que llevó al suelo a alcanzar más del 90% de humedad, que dependiendo de las características del suelo y el manejo de la finca en cuanto a canales de drenaje el suelo podría perder la humedad a un 20% o menos en 7 días para una finca o 3 días para otra finca, y en este caso la aplicación subestima o sobreestima las cantidades de agua requeridas por el cultivo (**Figura 68**).

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó un ajuste al modelo incorporando los indicadores sugeridos por los usuarios, es decir, densidad aparente del suelo y humedad del suelo antes de regar, tomando además como indicador de referencia para alcanzar 70% de humedad en el suelo y 20% de humedad del suelo como la mínima que debe permanecer el suelo.

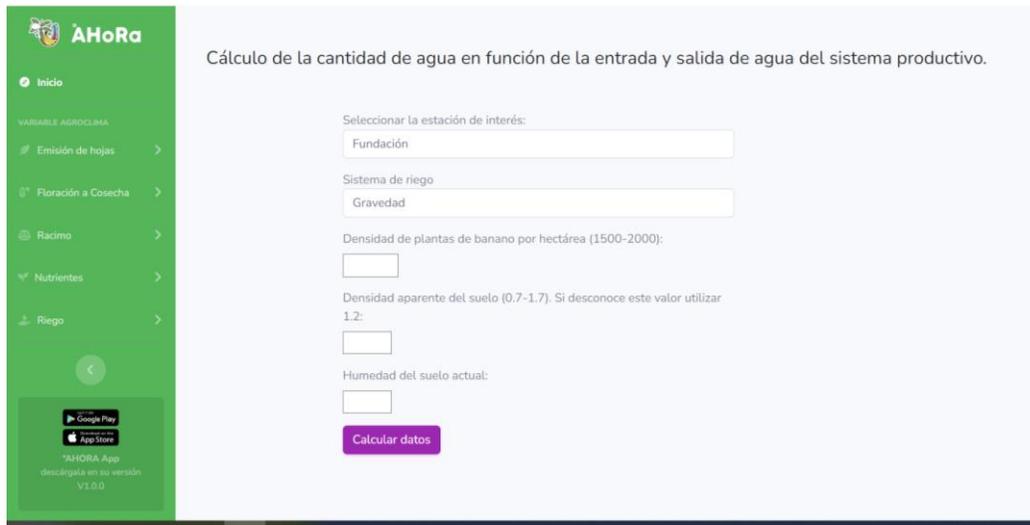
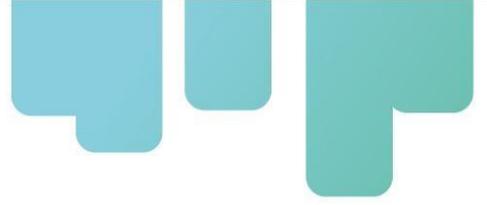


Figura 68. Módulo estimación de las necesidades hídricas en función de un balance hídrico que tiene en cuenta evapotranspiración del cultivo, coeficiente del cultivo, precipitaciones o riego, y algunas características del suelo.

Teniendo en cuenta que en la actualidad en las regiones productoras se están presentando eventos climáticos atípicos (Exceso de precipitación) no ha sido necesario la implementación de riego en las fincas seleccionadas, por lo cual la validación del modelo ajustado se ejecutará en la época de verano, es decir, diciembre y enero.

REPÚBLICA DOMINICANA

El indicador final disponible a través de °AHoRa, uso de agua de cultivo y cantidades de riego, utiliza la evapotranspiración potencial calculada por estaciones meteorológicas automatizadas basadas en variables medidas de radiación, velocidad del viento y humedad relativa. El agua que se aplicará para cumplir con el uso del cultivo se calcula para el período normal entre riegos en función de la evapotranspiración diaria multiplicada por el coeficiente del cultivo menos la precipitación efectiva que depende de la textura del suelo y la profundidad supuesta de almacenamiento de agua. Los productores no miden rutinariamente el agua aplicada y tampoco la humedad del suelo. Las tarifas de riego se basan en la superficie del terreno y no en el uso real del agua. La aplicación también calcula el tiempo máximo entre riegos asumiendo que el suelo alcanza la capacidad de campo el día del riego.



El uso de agua fácilmente disponible a través de la evapotranspiración diaria específica del cultivo menos la lluvia efectiva proporciona una estimación del tiempo máximo para el siguiente riego que puede compararse fácilmente con la práctica del productor. Durante el período de recopilación de datos de campo, los productores regaron cada una o dos semanas (**Tabla 25**).

Antes de aumentar los precios del combustible, muchos productores también usaban el riego por bomba para complementar el riego programado del canal, pero ahora son reacios a usar sus bombas. El máximo calculado indicó que, durante febrero y marzo, el programa de 14 días aseguró poca escasez de agua, pero en mayo y junio, el intervalo máximo calculado cayó a 10 días (**Figura 69**). Si bien los productores no controlan el intervalo de riego en su sector, pueden tratar de mejorar la distribución del agua en las parcelas y utilizar prácticas para aumentar la salud del suelo, en particular, la infiltración y la capacidad de retención de agua y evitar que la permanencia de una lámina de agua profunda, el día de cada riego, dañe la viabilidad de las raíces.

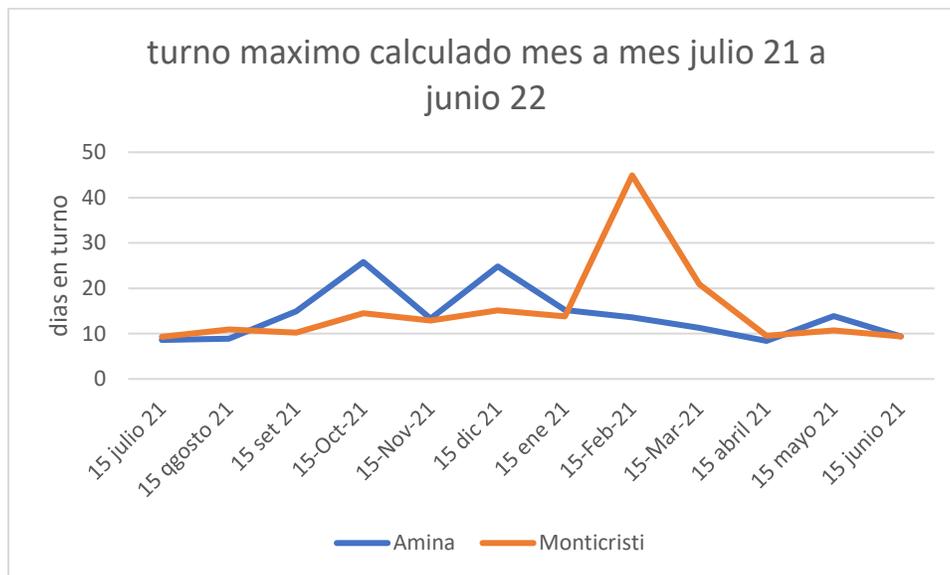


Figura 69. Caracterización mes a mes para dos zonas de producción de la frecuencia de riego

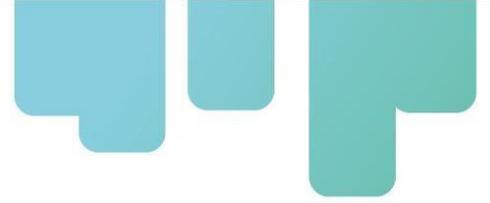


Tabla 25. Contraste --- como mostrar turnos problemáticos

numero de finca	Semana del ciclo										
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	3				3		3		1		
2	2		2	2	3	3	3	3	3		
3	2		2		2		1		1		3
4	2		2		2	3	3	3		2	3
5	2		2		2		1		1		
6	2		2		3	3	3	3	3	3	
7	2		2		1	3		3		3	
8	2		2		2		1		1		
9	2		2	3		2		2	3	3	
10	2		2	2	2		2		2		
11	2		2		2		2	3	3	3	3
12	1			2			1		2		2
13	2	2	2	3	2	2	3	3	2	2	3
14	2		2		2		2		1		
15	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
16	2		2		2		1		1		
17	2		2		1		1		1		
18			2			1		2		2	
19	2		1		2		2		1		1
20	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

PERÚ

La App generó un estimado de la demanda de EVTPo semanal durante el año 2021-2022, sin tendencias por temporada y mostrando una semana en noviembre con un valor de 0 (**Figura 70**). Los registros tomados en campo indican que, en las fincas de los productores, el intervalo entre riegos varía entre 3-4 semanas. La frecuencia de riego está determinada por la programación de la comisión de regantes, no por la demanda hídrica del cultivo (**Tabla 26**). Al recurrir a otros registros para generar un cálculo de turno máximo, se encontró que es casi de un mes en la época de frío, pero de menos de tres semanas en la época de calor.

En una nueva etapa de trabajo es importante contar con una estación meteorológica operando al óptimo y sensores de humedad que permite identificar posibles momentos de condiciones de humedad en el suelo deficitarias.

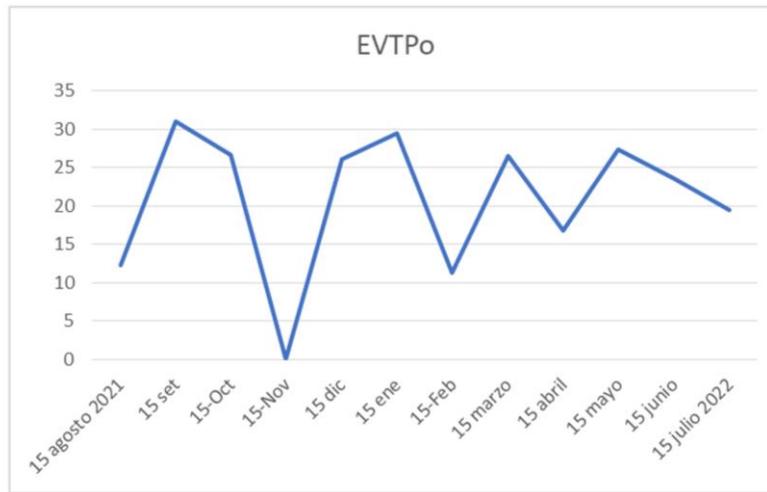
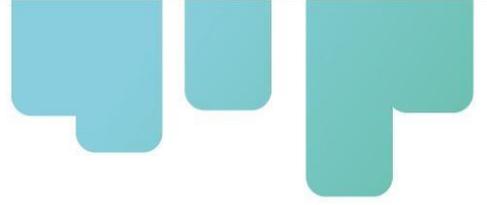


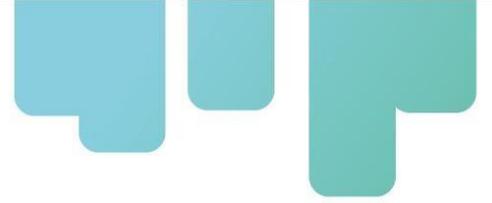
Figura 70. Cálculo °AHoRa – EVTPo agosto 2021 a julio 2022

Tabla 26. Cálculo °AHoRa – Turno máximo versus Turno en campo

numero de finca	feb		marzo			abril					mayo					junio			julio				
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	2	0	0	0	2	0	2	0	0	2	0	0	0	2	0		2	2					3
2				2			2			2				2			2			2			
3				2				2				2					2				2		
4			2				2			2				2			2				2		

36-28 mm/semana 16- 18 dias	18-22 mm/semana 26- 30 dias
--------------------------------	--------------------------------

Very dry	Dry	Moist	Wet
----------	-----	-------	-----



Actividad 2.4. Estudio para el desarrollo de mejoras de la aplicación Demo y del plan de negocio.

- **PRODUCTO 11.** Manual operativo actualizado de la aplicación en su versión Demo

Como resultado de este producto se obtuvo el manual de la versión Demo 2.0, que guía al usuario en el uso de esta versión.

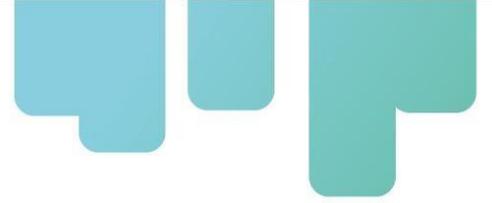
- **PRODUCTO 12.** Monografía conteniendo la actualización del plan de negocio para la aplicación

En este producto se presentó el contenido de los primeros apartados del plan de negocios, que incluyen:

1. Plan estratégico:
 - Misión
 - Visión
 - Valores corporativos
 - Análisis situacional del micro y macro ambiente
 - Análisis FODA
 - Objetivos estratégicos
 - Estrategia genérica
 - Fuentes de ventajas competitivas
 - Alianzas estratégicas
2. Plan de mercado y marketing
 - Área geográfica de mercado
 - Análisis de la demanda
 - Análisis de la oferta
 - Brecha demanda-oferta
 - Estrategias de marketing

- **PRODUCTO 13.** Webinar sobre modificación de la plataforma de cálculos y la aplicación versión Demo, basado en datos de validación

La sesión virtual del 5 de agosto de 2022 se llevó a cabo a través de Microsoft Teams. Los nueve participantes fueron los investigadores y colaboradores que contribuyen al desarrollo del proyecto. Las sesiones presenciales del 22 y 23 de agosto de 2022, se realizaron en las instalaciones del Centro de Investigación Tibaitatá de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria- AGROSAVIA, ubicado en Km. 14, vía Mosquera – Bogotá, Colombia. Se contó con la



participación de 14 personas (10 presenciales y 4 virtuales) pertenecientes a las cuatro instituciones que ejecutan el proyecto. También se contó con la participación de miembros del Comité Asesor Voluntario Internacional – CAVI. El taller cumplió el objetivo de presentar los datos tomados en campo y compararlos preliminarmente con la información arrojada por la App, con el fin de determinar si es necesario realizar algún ajuste en la plataforma de cálculos.

COMPONENTE 3. PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO DEL APLICATIVO.

Actividad 3.1. Estudio para el desarrollo de la aplicación en su versión Pro

- **PRODUCTO 14.** Manual operativo de la aplicación en su versión Pro.

Como resultado se obtuvo el manual de la versión Pro de cada una versión por país, que guía al usuario en el uso de esta versión.

Actividad 3.2. Presentación oficial de en cada país.

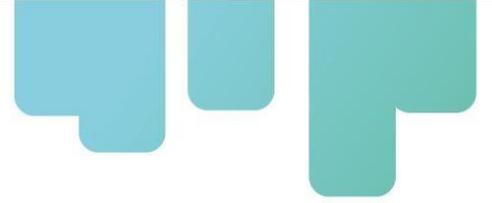
- **PRODUCTO 15.** Taller organizado de lanzamiento del aplicativo en cada país.

En el marco del proyecto °AHoRa se realizaron 14 eventos de lanzamiento presenciales (ocho en Colombia, cuatro en República Dominicana y dos en Perú), con el fin de presentar la aplicación °AHoRa a productores, técnicos y directivos de asociaciones o cooperativas de banano y plátano. La realización estos eventos permitió cumplir con el objetivo central del proyecto que es el desarrollo, puesta en funcionamiento y conocimiento de la App °AHoRa a un número importante de potenciales usuarios.

Actividad 3.3. Estudio de monitoreo de la experiencia de los usuarios con la aplicación

- **PRODUCTO 16.** Base de datos de la experiencia de usuarios de la aplicación de acuerdo con las pruebas de la versión Demo y Pro.

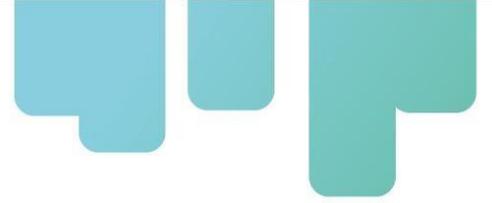
Durante el desarrollo del proyecto °AHoRa se mantuvo una constante interacción con los productores y técnicos presentes en las zonas de influencia de los tres países: los departamentos de Magdalena y La Guajira en Colombia, Valle Occidental en la Línea Noroeste de República



Dominicana y el departamento de Piura en Perú. La primera versión, la versión Demo 1.0 del aplicativo, fue socializada en talleres presenciales (seis en Colombia, tres en República Dominicana y cuatro en Perú). Las sugerencias realizadas en estos talleres permitieron mejorar la App y obtener la versión Demo 2.0. Esta versión fue usada en campo por 77 personas seleccionadas entre productores y técnicos (Colombia 25 personas, República Dominicana 32 participantes y Perú 20 personas). También, los investigadores validaron en campo los resultados que arrojaban las ecuaciones planteadas en el aplicativo. Lo anterior, permitió realizar mejoras en la App y obtener finalmente la versión Pro. Esta última versión, como se observó en el apartado de resultados, también fue usada durante un tiempo por 90 participantes, entre técnicos y productores.

En la comparación entre los resultados de la experiencia de los usuarios al usar la versión Demo y la versión Pro, se encontró que:

- La opinión de los usuarios encuestados después del uso de la App versión demo y versión pro fue buena. En ambos casos indicaron que la App es fácil de usar, tiene un lenguaje fácil de comprender, la información que brinda es útil para la toma de decisiones de manejo del cultivo y que están dispuestos a continuar usando la App.
- El 99% del total de las personas que hicieron uso de la App versión Demo indicaron que seguirían usando siempre o casi siempre la App para estimar la **tasa potencial de emisión de hojas**, y después del uso de la App versión Pro este porcentaje fue de 88%. Se observa que el descenso de la opinión se dio particularmente en los usuarios de República Dominicana, en donde 11 personas opinaron que usarían ocasionalmente esta función. En general se observa que los usuarios de los tres países están conformes con esta función, pues les es útil para saber si la plantación está siendo bien mantenida y es un indicativo de si tendrá o no un buen llenado del racimo. Además, a partir de esta información, ellos pueden analizar qué es lo que está pasando y tomar acciones a tiempo.
- Para estimar la **fecha aproximada en que se dio la floración**, el 100% de los usuarios de la versión Demo y el 77% de la versión Pro, indicaron que la usarían siempre o casi siempre. Las opiniones de usar esta función ocasionalmente se dieron en República Dominicana y Perú, representando un 23%, mientras que el 100% de los usuarios de Colombia aseguraron que la usarán siempre. En general, se encuentra que esta función tuvo una buena acogida por parte de los usuarios que la ensayaron.
- El 82% de los usuarios de la versión pro indicaron que usarían siempre o casi siempre la App para estimar la **semana óptima en que se debe cosechar**, mientras que con el uso de la App versión Demo esa opinión la dio el 100% de los usuarios. En Colombia, el 100% de los usuarios estuvieron satisfechos con esta función, en Perú 27 de los 30 usuarios encuestados estuvieron muy conformes, y en República Dominicana 12 usuarios indicaron que usarían ocasionalmente esta función y un usuario que no la usaría. De los tres países, en Colombia y Perú es donde se observa mayor acogida de esta ecuación.

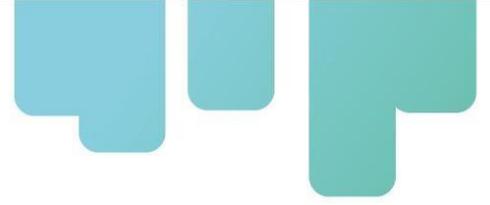


- En la ecuación que estima **el peso potencial del racimo con el fin de verificar el rendimiento del cultivo**, se encontró que el 81% de los usuarios de la versión Pro indicaron que la usarían siempre o casi siempre, en comparación con el 100% de las personas que usaron la versión Demo. En Colombia y Perú los usuarios presentaron una mejor acogida de esta función que en República Dominicana.
 - Para estimar el **peso potencial del racimo y la productividad por hectárea**, se encontró que tanto el 100% los usuarios de la versión pro como de la versión Demo, de Colombia y Perú, continuarán usando siempre o casi siempre la App. Esta función no está disponible para República Dominicana.
 - Para la tercera función **“demanda de nutrientes”** el 100% de los usuarios de la versión Demo dijeron que la usarían siempre o casi siempre y con la versión Pro esta respuesta la indicaron el 80% de los encuestados. Esta función ha sido muy bien aceptada por todos los productores, ya sea que tengan un sistema de cultivo orgánico o convencional, dado que la App les permite saber cuánto de cada elemento se debe aplicar, por ejemplo, algunos productores en República Dominicana encontraron que aplican muy poco, y por ello indicaron que van a gestionar la manera de elevar la cantidad de abono que se aplica.
 - Para la ecuación **“demanda de agua y riego”** el 77% de los usuarios de la versión Pro indicaron que usarían frecuentemente, casi siempre o siempre esta función, frente al 100% de los usuarios que contestaron lo mismo luego de usar la versión Demo. En Colombia, el 100% de los usuarios estuvieron satisfechos con esta función y en Perú 23 de los 30 usuarios encuestados estuvieron muy conformes. En República Dominicana se observa que hubo un descenso en la opinión de los usuarios, en donde 12 personas opinaron que usarían ocasionalmente esta función y 1 nunca. Para el caso de República Dominicana y Perú esta función presenta algunas restricciones en su uso, dado que los productores dependen de la disponibilidad de agua que haya y del turno de riego que les permitan. Para el caso de Colombia si es válido y en general la percepción de los productores es que la frecuencia de riego del aplicativo es la correcta.
- **PRODUCTO 17.** Monografía de la versión final del plan de negocios.

Se presentó información correspondiente los tres últimos apartados del plan del plan de negocios correspondiente a:

3. Plan operativo

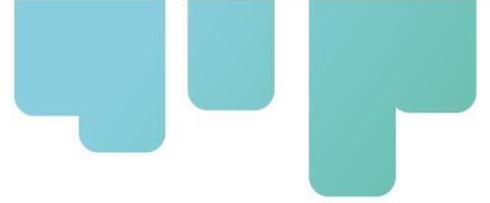
- Servicio que se ofrece - características técnicas
- Proceso productivo
- Requerimientos para su implementación y operatividad
- Uso del aplicativo y mejoras en la gerencia del cultivo
- Localización de las estaciones y del servicio



4. Plan de gestión y de recursos humanos
 - Sistema de gobernanza
 - Organigrama
 - Requerimientos de personal
 - Trámites legales

5. Plan económico – financiero
 - Inversión
 - Financiamiento
 - Beneficios
 - Flujo de costos
 - Evaluación de económica privada y social

Los resultados más relevantes encontrados reflejan que hasta el momento no existe una App de uso libre para productores familiares de musáceas que transforme datos climáticos en información útil y de fácil comprensión, con la cual agricultores y técnicos agropecuarios tomen mejores decisiones frente a las prácticas agronómicas que se realizarán teniendo en cuenta la variabilidad climática, es decir ninguna otra aplicación ofrece los cinco componentes o módulos que incluye el aplicativo °AHOra, por lo anterior, en este producto se plantea realizar arreglos con instituciones o con gobiernos regionales para ampliar el área de registro de datos climáticos y facilitar la continuidad del funcionamiento de la aplicación, en busca de contribuir a la competitividad de los sistemas productivos de plátano y banano, por ser productos de exportación, por los empleos que generan y por hacer parte de la agricultura campesina y familiar en los tres países.

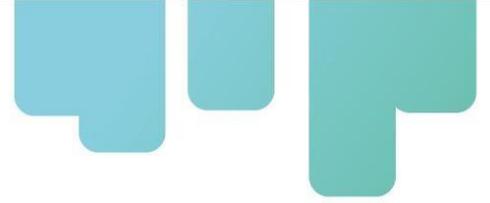


Indicadores Técnicos

A continuación, se presentan los indicadores de gestión de conocimiento y técnicos alcanzados con el proyecto a la fecha (Tabla 27 y 28).

Tabla 27. Indicadores de gestión del conocimiento.

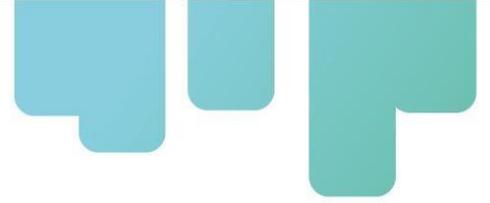
Indicadores de Gestión de Conocimiento y Fortalecimiento de capacidades					
No.	Indicador detalle	Unidad del Indicador	Valor antes del proyecto	Valor después del proyecto	Notas
1	Personas capacitadas virtualmente	Número	0	227	Resultado de las sumatorias de los dos eventos virtuales y tres eventos híbridos realizados en el proyecto °AHOra.
2	Personas capacitadas presencialmente	Número	0	962	Resultado de las sumatorias de los 25 eventos presenciales realizados: 14 en Colombia, siete en República Dominicana y seis en Perú. Fuente de los datos: las planillas asistencia
3	Total de personas capacitadas	Número	0	1189	Resultado de la sumatoria de personas capacitadas virtual y presencialmente.
4	Mujeres capacitadas	Número	0	354	Resultado de la sumatoria de las mujeres capacitadas en los eventos virtuales y presenciales. Fuente de los datos planillas asistencia
5	Hombres capacitados	Número	0	769	Resultado de la sumatoria de los hombres capacitados en eventos virtuales y presenciales. Fuente de los datos planillas asistencia
6	Personas sin reportar género	Número	0	66	Resultado de la sumatoria de los eventos virtuales y presenciales. Fuente: planillas asistencia
7	Total eventos realizados	Número	0	30	Sumatoria de eventos virtuales, híbridos y presenciales
9	Encuestas aplicadas en talleres de presentación versión demo de aplicación.	Número	0	770	Encuestas realizadas en el marco del desarrollo de diferentes actividades, como: Levantamiento de línea base (210 encuestas- producto 4), capacitaciones sobre el manejo de la App a los productores en las zonas de prueba (393 encuestas - producto 8), experiencia de integración de versión demo (77 encuestas- producto 9) Productos entregados a la STA, y experiencia de integración versión Pro (90 encuestas- producto 16).
10	Línea base	Número	0	3	Información con la cual se construye la nota técnica (producto 4) sobre producción, métodos de monitoreo de comportamiento del cultivo en los tres países y uso de aplicativos similares en el mercado.



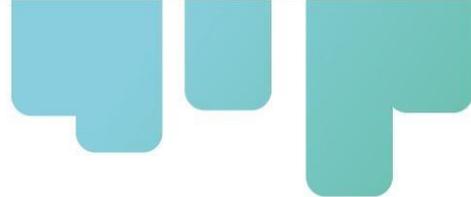
11	Notas técnicas	Número	0	2	Entregadas a la STA. Nota técnica sobre plataforma de cálculo (producto 2) y sobre la línea base (producto 4)
12	Monografías	Número	0	4	Entregadas a la STA. Monografía de la formulación del plan de negocio (producto 3), de diseño técnico de la aplicación (producto 6), y de la actualización del plan de negocio para la aplicación (producto 12). En evaluación de pares la versión final del plan de negocios (producto 17).
13	Memoria de taller	Número	0	5	Entregadas a la STA. Memorias de los dos talleres virtuales (Producto 1 y 5), de los talleres presenciales (producto 8), del taller híbrido (producto 13) y de los talleres de lanzamiento del aplicativo en cada país (producto 15)
14	Versiones de la aplicación	Número	0	3	Versión Demo 1.0, versión Demo 2.0 y versión Pro
15	Manuales operativos	Número	0	3	Tres manuales operativos: 1. Versión Demo-1.0 (producto 7), 2. versión Demo actualizada-2.0 (producto 11), y 3. versión Pro (producto 14)
16	Total de personas que conforman el grupo de trabajo del proyecto	Número	0	43	Equipo de investigadores y profesionales que participan activamente en el proyecto en los tres países
17	Mujeres que conforman el grupo de trabajo del proyecto	Número	0	12	Equipo de mujeres investigadoras y profesionales que participan en el proyecto en Colombia, Perú y República Dominicana.
18	Hombres que conforman el grupo de trabajo del proyecto	Número	0	31	Equipo de hombres investigadores y profesionales que participan en el proyecto

Tabla 28. Indicadores técnicos.

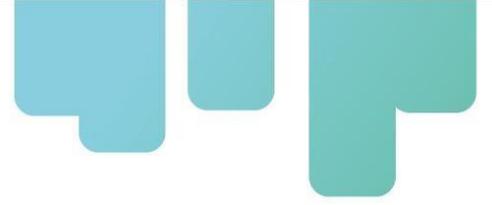
Indicadores Técnicos - Resultado del proceso de Investigación					
No.	Indicador detalle	Unidad del Indicador	Valor antes del proyecto	Valor después del proyecto	Notas
1	Disminución del uso de fertilizantes de síntesis química	%	Fertilización actual: En Kg.ha⁻¹ Nitrógeno 348,00 Fósforo 73,32 Potasio 554,07 Calcio 80,47 Magnesio 43,47 Azufre 77,95 Boro 2,07 Zinc 0,87	Fertilización recomendada por la App En Kg.ha⁻¹ Nitrógeno 187,92 Fósforo 38,13 Potasio 548,53 Calcio 79,67 Magnesio 16,95 Azufre 10,91 Boro 0,14 Zinc 0,02	El plan de fertilización implementado en la actualidad por los productores supera en 46% la dosis recomendada por la App °AHOra para nitrógeno, supera en 48% la dosis de fósforo, en 61% la dosis de magnesio, en 86% la dosis de azufre, en 93% la dosis de boro y 98% la dosis de Zn. Sin embargo, la aplicación de potasio y calcio realizada por los productores se ajusta a las proyecciones realizadas por la App, superando en 1% la dosis propuesta por la App para potasio y en 16% la dosis de calcio. Se resalta el impacto ambiental, técnico y socioeconómico positivo.



2	Disminución de costos por uso de fertilizantes	Pesos (\$)	\$7.100.000 / ha	\$4.970.000/ ha	El uso de la App permite programar los planes de fertilización en función de las necesidades nutricionales de las plantas. El uso de la App permite ahorrar en la fertilización al menos 30% de los gastos totales derivados del costo de fertilizantes.
3	Programa Global Dr. Soil Implementado Actualización en el uso de prácticas de manejo sostenible del suelo	Número	0	1	Se implementó el piloto en Dibulla, La Guajira, gracias a la sinergia entre el proyecto °AHOra financiado por Fontagro y el programa global de Doctores de los suelos, desarrollado en el marco de la Alianza Mundial por el Suelo de la FAO; del cual AGROSAVIA es el promotor nacional.
4	Disminución del uso de agua	%	Uso promedio de 75 litros/planta/día	52,5 litros/planta/día	La aplicación de riego en función del balance hídrico cuantificado con el uso de la App permite reducir en 20% el agua de riego, es decir, pasar de entre 70 a 80 litros planta día a entre 49 a 56 litros planta por día. Lo anterior permite hacer un uso eficiente del recurso hídrico y contribuye en la sostenibilidad ambiental de la región.
5	Disminución en el costo por uso del agua, en la zona bananera de Magdalena y La Guajira, Colombia	Pesos (\$)	\$75.600 COP/ha/mes	\$60.480 COP/ha/mes	Actualmente en la zona bananera de Magdalena y La Guajira, se cobra una tarifa única por el acceso al agua. Este indicador permite a los distritos de riego y a los productores, reevaluar la forma en que se cobra por el uso de agua, pasando de cobrar por el acceso a cobrar por la cantidad usada. Viéndose beneficiados los productores debido a una disminución en el pago, por la disminución en el uso del agua.
6	Cálculo de la cantidad de grados día requeridos para la emisión de una hoja, en la zona bananera de Magdalena y La Guajira, Colombia	Número	108 grados día	104 grados día	Este cálculo se obtiene con el fin de monitorear la tasa de emisión foliar, que permite programar prácticas como el deshoje y contribuye a mantener la salud del cultivo.
7	Cálculo de la cantidad de grados día requeridos de floración a cosecha, en la zona bananera de Magdalena y Guajira, Colombia	Número	900 grados día (GD)	920 GD	Este indicador permite conocer, en función de los grados día acumulados, la madurez fisiológica de la fruta y con ello estimar la fecha óptima de cosecha
8	Ecuación para estimar peso de racimo por planta y rendimiento de la plantación	Número	Sem 10- 20,50 kg Sem 11- 20,61 kg Sem 12- 20,82 kg	Sem 10- 19,73 kg Sem 11- 19,85 kg Sem 12 19,68 kg	Este indicador permite predecir el peso que tendrá el racimo por planta. Se presenta los valores del peso del racimo cuantificado in situ vs peso estimado utilizando la aplicación °AHOra para tres semanas de cosecha evaluando durante 10 semanas consecutivas. Con estos valores y de acuerdo con la densidad de siembra se estima el rendimiento del sistema productivo.



9	Aplicativo web-móvil de uso público que integra datos climáticos y comportamiento del cultivo	Número	0	1	No existía una App antes del proyecto, que entregara la información que brinda °AHOra y que fuera de acceso público (gratuita). El uso de la aplicación permite desarrollar un plan de manejo agronómico acorde a las necesidades del cultivo logrando como resultados que los cultivos tengan mayor producción, se mejore la calidad de la fruta y se haga un uso eficiente del recurso. Como resultado además se logra reducir los gastos asociados para las labores agronómicas entre un 20 a 30%, mejorando rentabilidad y calidad de vida de los productores familiares de musáceas: plátano y banano.
10	Número de estaciones climáticas al servicio de los agricultores familiares de musáceas	Número	0	6	La zona bananera del Magdalena se concentra en aproximadamente 40 kilómetros de distancia entre el inicio y el final. En este trayecto se cuenta en la actualidad con seis estaciones meteorológicas distribuidas a una distancia promedio de 7 kilómetros una de otra. Esta red de estaciones permite hacer un monitoreo del clima en la región y en función de las condiciones climáticas programar más eficientemente las prácticas agronómicas en los cultivos.
11	Videos tutoriales de uso de la App	Número	0	10	Videos asociados a Función 1.1; Función 1,2; Función 2,1; Función 2,2; Función 3,1; Función 3,2; Función 4; Función 5; Tutorial versión Demo; Tutorial versión Pro.
12	Videos de recomendaciones tecnológicas para el manejo agronómico de musáceas dirigido a productores familiares	Número	0	4	1. Recomendaciones para el manejo de la fertilización - nutrición en banano y plátano. 2180 visualizaciones 2. Requerimientos hídricos del cultivo de banano y plátano, con 1137 visualizaciones 3. Acumulación de calor en la fenología de las musáceas. 591 visualizaciones. 4. Uso de la información agroclimática para la toma de decisiones sobre el manejo agronómico del cultivo. 415 visualizaciones
13	Cuantificación de la extracción de nutrientes por tonelada cosechada, para cultivos de banano Williams	g/Kg cosechada	No	Si	Se cuenta con estándares generales de extracción de nutrientes para cultivos de banano y plátano. Estos datos y los resultados de los análisis de suelos permiten la formulación de planes eficientes de fertilización integrada
14	Actores articulados en torno a la gestión de datos climáticos en Colombia	Número	0	22	IDEAM, Fedearroz, Cenipalma, Coodeban, coobafrio, comulbanano, emprebancoop, banafrucoop, coodeban, asobanarcoop, AGROSAVIA, AUGURA, ASBAMA, BANASAN, AGROVID (antes Tecbaco), INIA, IDIAF, UDEP, CENIBANANO, ASORIOFRIO, COMULBANANO, BANAFRIO, COOBAMAG



Hallazgos Destacados

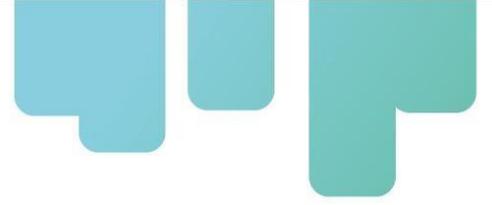
En las diferentes zonas geográficas en las cuales se desarrolló el proyecto °AHOra se puede reportar como hallazgo que la mayoría de productores familiares de musáceas: banano y plátano, no llevan registros digitalizados de los datos tanto climáticos, como del crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo. Algunos registran manualmente información de sus cosechas, peso del racimo, semanas de cosecha, volumen de producción, mientras otros no los registran, sin embargo, tienen en mente valores aproximados de rendimiento y producción.

En la zona de estudio del proyecto °AHOra en Colombia, se evidenciaron diferencias marcadas en varios aspectos de los pequeños productores de los departamentos de Magdalena y de La Guajira, a pesar de que el trabajo en campo fue realizado en fincas productoras de musáceas en dos territorios relativamente cercanos de la Región Caribe Colombiana. Dentro de las diferencias está que en el Magdalena los pequeños productores de banano se encuentran afiliados a cooperativas de bananeros quienes son las encargadas de asistir técnicamente al productor y facilitar la comercialización de la fruta, mientras que en La Guajira los pequeños productores producen plátano y se encuentran organizados en asociaciones de productores, con limitaciones administrativas, pero que son atendidos técnicamente por la Asociación Hortofrutícola de Colombia ASOHOFrucol, la comercialización de la fruta sigue realizándose de forma independiente por parte de los productores.

Historias en el campo

Colombia

1. Por la presencia institucional de gremios, comercializadoras y cooperativas bananeras en el departamento del Magdalena el Uso de la App podría facilitarse para los productores, pero no es así, ellos en sus fincas no tienen acceso a internet por lo cual el uso de la App debe hacerse en sus casas y con ayuda de sus hijos, ya que la mayoría de estos productores son de la tercera edad y de bajo nivel educativo; mientras que los productores del departamento de La Guajira especialmente la asociación de plataneros COOGRUPADI mostraron niveles de conocimiento más alto probablemente porque el número de productores es menor y es más fácil llegar a ellos directamente, lo cual les facilitó el entendimiento del funcionamiento de la App. Para el caso del acceso a internet en ambos departamentos la señal es débil en zona rural. **2.** Las diferentes versiones de la App fueron socializadas con los productores finca a finca, labor realizada por AGROSAVIA a través del equipo del proyecto. Esto permitió conocer y entender mejor el quehacer del productor de musáceas en la Región Caribe, sus fortalezas y limitaciones para el uso de la herramienta digital. Durante estas labores de campo se conocieron a productores como el señor José Rafael Orozco, de 71 años, productor de banano hace más de 20 años y propietario de la Finca “los Olvidados” ubicada en el corregimiento de Riofrio, Zona bananera, en esta finca se tiene



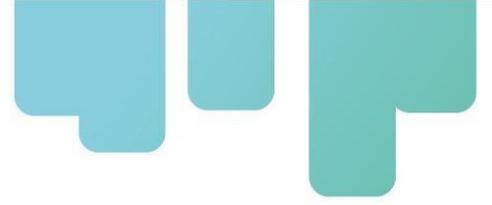
sembrado la variedad de banano Valery en un área de 4.5 hectárea. El señor Orozco menciona que “el aplicativo °AHOra es muy importante y útil porque nos brinda información climática como temperatura, humedad relativa, temperatura y precipitación, información que nos sirve para el manejo del cultivo y tomar decisiones. Es importante resaltar que el reemplazo generacional de los productores de banano en Zona Bananera está garantizado ya que es uno de los cultivos que se comercializa fácilmente lo que lo convierte en un buen negocio y los hijos de los productores aprenden la labor y lo ven como un negocio familiar, esta situación no ocurre comúnmente con otros cultivos en Colombia.

Perú

1. Durante el desarrollo del proyecto se realizó un intercambio de experiencias con productores, entre las cuales se encuentra la señora Margarita Rodríguez, productora de banano asociada de la Cooperativa APBOSMAM con 52 años, su único hijo Carlos es quien la ayuda y evalúa a trabajadores en el desarrollo de labores a diario en banano. Ella menciona que “como productores luchamos a diario con labores y aplicaciones de insumos, y vemos una debilidad grande en el aspecto de nutrición y que es necesario para la planta, con este aplicativo °AHOra podemos acercarnos a lo que necesita el cultivo como nutrición, ver que nos falta para llegar a un peso proyectado por dicho aplicativo, si logramos usar este aplicativo en los siguientes años llegaremos a mejora productividad en cajas y un mayor peso de racimos”. **2.** Otra historia de campo es la del señor Hipólito Vargas, técnico de la organización de banano COOPAG - Piura. Nació en el Centro poblado Santa Sofía de la provincia de Sullana. Trabaja en una organización de banano como técnico por más de 10 años, él está convencido que recomendar prácticas ayudarán al productor a mejorar productividad. Antes solo se esperaba cosechar sin medir tasa de crecimiento y emisión foliar el cual nos permite un diagnóstico y monitoreo del crecimiento y con la ayuda del aplicativo °AHOra podemos analizar si la planta está siendo afectada por el clima o es un problema nutricional; también nos permite dar un acompañamiento y sugerir insumos eficientes y evitar que retrase el desarrollo de la planta.

República Dominicana

Durante el trabajo de campo se destacan experiencias positivas como lograr que los productores se familiarizaran con la toma de datos que tradicionalmente no toman, como: peso de racimos y conteo de emisión de hojas. A pesar de su poca experiencia en el uso de Apps mediante dispositivos móviles, los productores lograron aprender a utilizarlo y entender su funcionamiento y utilidad para mejorar el manejo de su cultivo. Durante el proceso, la mayor dificultad fue la falta de conectividad en la mayoría de fincas, y en ocasiones la caída del sistema cuando se consultaba el App, por lo que se recurrió al trabajo en salones de la asociación de productores. Un hecho muy positivo, fue lograr transferir el App desde la plataforma de la UDEP a la plataforma SidiAgro del Ministerio de Agricultura, a pesar de los diferentes obstáculos que se tuvieron que superar. Para dar mayor fiabilidad al App, se conformó un comité de pilotaje conformado por varias organizaciones, con funciones definidas, para dar seguimiento al funcionamiento del App luego de finalizado el proyecto.

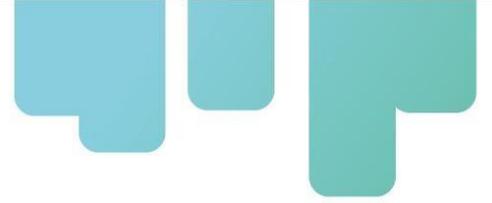


Discusión

En el trópico la temperatura es la variable ambiental con mayor influencia en el crecimiento y desarrollo de los cultivos; esto debido a que las reacciones que intervienen directa o indirectamente en la mayoría de los procesos fisiológicos, bioquímicos y metabólicos, se encuentran fuertemente ligados a la temperatura (Pulido, 2008). La unidad que combina el tiempo y la temperatura para estimar el desarrollo de un organismo a partir de un punto a otro en su ciclo de vida es denominada comúnmente como “grados días (GD)”, “grados día de desarrollo (GDD)”, “unidades calor (UC) (Díaz-Lopez, 2013) o tiempo fisiológico (Parra – Coronado, 2015). En agronomía su aplicación principalmente radica en la estimación de cuánto tarda un determinado cultivo en alcanzar una etapa fenológica de interés tales como anthesis, floración, fructificación, cosecha, senescencia, etc. (Hoyos et al., 2012); otras aplicaciones han consistido en determinar condiciones óptimas para el crecimiento y desarrollo plagas, fechas de siembra, riego y fertilización de cultivos entre otros (López et al., 2011; Flores-Gallardo et al., 2012; Ferrer et al., 2014; Ramírez et al., 2015; Sifuentes-Ibarra et al., 2015; Tadeo-Robledo et al., 2015).

La validación de la App en las diferentes zonas productoras de banano en Colombia, Perú y República Dominicana permite dar confianza a productores y técnicos sobre las proyecciones o indicadores de referencia que se generan en función de las condiciones edafoclimáticas predisponentes para cada región productora. Estos indicadores son insumo esencial para la toma de decisiones apropiadas sobre las prácticas agronómicas del cultivo y permite generar un diagnóstico sobre el comportamiento agronómico y salud del sistema productivo. Por ejemplo, bajo condiciones climáticas de Colombia, con el proceso de validación de la aplicación se logró ajustar el modelo para la cuantificación de la tasa potencial de hojas en función de la acumulación de grados día. La tasa potencial de emisión de hojas real en promedio, en el periodo evaluado, fue de una hoja cada 6,96 días, mientras la estimada con el modelo de (Turner y Lahav, 1983; Turner y Hung, 1983; Allen et al. 1988) fue de una hoja cada 7,44 días. Lo anterior es aproximado a lo reportado para otra región productora de banano en Colombia, Urabá-Antioquioqueño, donde Mira et al., (2004) reportaron que, durante la fase vegetativa, la planta generalmente emite entre 35 y 36 hojas, con una frecuencia de una hoja/semana en época de lluvias y entre 0,4 y 0,6 hoja/semana en condiciones de sequía.

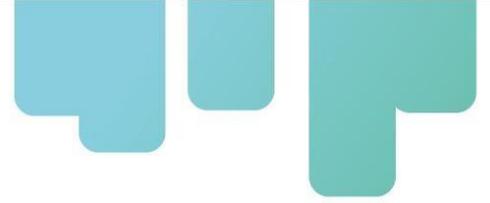
En función de lo reportado anteriormente, por medio del uso de la aplicación °AHOra el productor podrá calcular la tasa potencial de hojas de sus cultivos y conocer el estado de la salud de la planta. Por el contrario, para Perú y República Dominicana el modelo propuesto por (Turner y Lahav, 1983; Turner y Hung, 1983; Allen et al. 1988) resultó ser un modelo que se ajusta bien a las condiciones climáticas de estas regiones productoras.



Por otra parte, otro indicador importante que genera la aplicación es la identificación de la fecha óptima de cosecha. Esto es de suma importancia para el cultivo de banano, ya que los productores que atienden los mercados de exportación, cosechan con 9 a 12 semanas después de emitida la bacota, y basado principalmente con el calibre del dedo indicador, esto debe ocurrir simultáneamente con el óptimo de maduración, sin embargo, para atender los mercados de Europa y Asia la fruta está cambiando la madurez en los largos transportes que ocurren para atender estos mercados; por lo anterior y basado en las altas temperaturas se requiere la utilización de las variables temperaturas y acumulación de grados día, las cuales tienen el óptimo de madurez cuando se acumulan 900 °C (Ganry 1978).

Además, la aplicación AHOra, en función de la biomasa y la extracción de nutrientes por la fruta cuantifica la cantidad de nutrientes a aplicar para mantener el crecimiento potencial, ya que la nueva biomasa tiene un contenido de nutrientes que debe absorber. El indicador propuesto es calculado para compensar la salida de nutrientes en racimos cosechados, es decir, se determina la cantidad de nutrientes extraídos por el racimo. Para el caso de **Colombia** la demanda de nutrientes es calculada en función de la extracción de nutrientes por tonelada cosechada propuesta por (Obreza y Morgan, 2008) con algunos complementos propuestos por los autores. Es claro que la extracción de nutrientes varía en función de las características edafoclimáticas y de la variedad cultivada. Los nutrientes minerales determinan el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad de los árboles o cultivos frutales (Alva *et al.*, 2006; Razzaq *et al.*, 2013; Brunetto *et al.*, 2015; Zhou *et al.*, 2018). Rodríguez *et al.*, (2018) afirman que entre las principales limitantes para el manejo tecnificado de los cultivos frutales se encuentra la deficiente planeación en el manejo de la fertilización. Cabe indicar que las deficiencias o excesos de nutrientes ocasionan un crecimiento deficiente de las plantas, al igual que una reducción en los rendimientos y mala calidad externa e interna de la fruta y, por ende, poca aceptación en el mercado (Brunetto *et al.*, 2015). Por lo anterior, uno de los objetivos principales de la nutrición mineral en los sistemas productivos es aumentar los ingresos netos a través del manejo eficiente y oportuno de la fertilización integrada.

En banano ‘Dominico’ cultivado en México, el pseudotallo fue el órgano que más materia seca y minerales acumuló. El elemento más extraído por la planta y los frutos fue el K. El orden de extracción total por planta fue: $K > Ca > N > Mg > P$. El orden de extracción por los frutos fue: $K > N > Ca \geq P \geq Mg$. La etapa en la que la planta extrajo más elementos fue a las cuatro semanas después de la emergencia de la inflorescencia. La cantidad de minerales a reponer al suelo es la extraída por los racimos, que son los que se retiran de la plantación (Castillo *et al.*, 2010). El K y el N fueron los elementos más acumulados por los frutos, siendo la acumulación de K aproximadamente tres veces mayor que la de N. La extracción total de nutrientes (en kg/ha) considerando 1875 unidades por hectárea fue de 71,2; 29; 386,6; 102,7 y 41 para N, P, K, Ca y Mg, respectivamente. El racimo de esa cantidad de unidades por hectárea extrajo, en kg/ha, 6,8 para



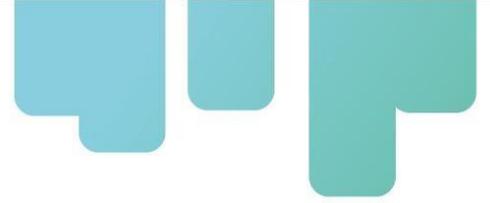
N; 3,2 para P; 29,3 para K; 3,7 para Ca y 2,6 para Mg. Considerando que un racimo de este banano a cosecha tuvo un peso fresco promedio de 9 kg, una tonelada de fruta extrajo aproximadamente: 403 g de N; 189,6 g de P; 1,7 kg de K; 219 g de Ca y 154 g de Mg.

En el cv William cultivado en Colombia, Torres-Bazurto (2021) reporta que los frutos acumularon micronutrientes en la secuencia Fe > Cu > Zn > Mn > B. La extracción total por el racimo fue entre 116 y 442.8 mg kg⁻¹ para Cu, 214.3 y 267,4 mg kg⁻¹ en Fe, 92.8 y 133,4 mg kg⁻¹ en Mn, 101.2 y 125,9 mg kg⁻¹ de Zn, y 66.5 y 69,5 mg kg⁻¹ B, en todos los casos varió la extracción dependiendo del plan de fertilización. Debido a lo anterior, es importante que los productores y técnicos puedan utilizar estas herramientas para mejorar la toma de decisiones sobre el manejo de sus cultivos, que le permita aumentar la rentabilidad.

El desarrollo de los cultivos depende en gran medida de la temperatura y del fotoperiodo; entre tanto, en el trópico la temperatura es la variable ambiental con mayor influencia en el desarrollo de los cultivos. El papel regulador de la temperatura es a través de su acción sobre las reacciones enzimáticas que directa o indirectamente intervienen en los procesos de desarrollo (Pulido, 2008). La temperatura es un factor básico que influencia especialmente la tasa de desarrollo, desde la emergencia hasta la floración y madurez. Muchas especies están adaptadas a rangos particulares de temperatura; así, a medida que la temperatura ambiental o temperatura media (Ti) disminuye, sus tasas de desarrollo se reducen, a tal punto que si la temperatura baja al límite, el desarrollo se detiene; a esta temperatura limite se denomina base (Tb). Por el contrario, a medida que la temperatura aumenta, sus tasas de desarrollo se incrementan hasta una temperatura óptima (To), a partir de la cual estas disminuyen y eventualmente se detienen en su temperatura máxima de desarrollo (Tm) (Martin y Jerez, 2017).

Este comportamiento se observó en plantas de banano de la variedad 'Williams' en una de las fincas evaluadas, en el cual, el crecimiento del dedo de la fruta se vio favorecido por la mayor acumulación de grados día y las mayores temperaturas, esto se debió a que para este cultivar el óptimo la temperatura de crecimiento es de 21 o 22°C. El crecimiento se detiene por debajo de 9 o 10°C y por encima de 38 o 39°C. A temperaturas por encima del óptimo una mayor cantidad de los carbohidratos producidos en las hojas se utiliza en respiración en las hojas, pseudotallo, corno y raíces. Un racimo que emerge en abril puede tardar seis meses o más en madurar, mientras que uno que emerge en noviembre toma solo tres meses. Así que la temperatura tiene una gran influencia en la tasa de crecimiento de la fruta, de allí el uso de racimo cubiertos, que se cree que calientan la fruta, por lo que aumenta la tasa de crecimiento. Las cubiertas de racimos también reducen el gradiente de temperatura a través del racimo, y la fruta de racimos tapados son más uniforme que el de racimos descubiertos (Turner y Lahay, 1983).

En este mismo sentido, las plantas que se desarrollan rápidamente tienen pocas hojas totales. Después de la fase juvenil, el resto de las hojas se producen en el ápice de la planta durante la

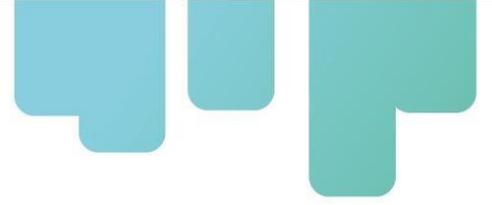


fase vegetativa media, aunque aparecen en secuencia en la parte superior del pseudotallo durante la fase vegetativa media y floral. El menor número de hojas totales fue producido en el cultivar 'Butembo', con una elevación de unos 1800 m. Para las etapas individuales de desarrollo, se produjeron menos hojas en elevaciones más altas que en elevaciones más bajas cuando se promedia a través de cultivares. El mayor efecto fue en 'Vuhembe' que tuvo una reducción grande y consistente en el número de hojas en la etapa vegetativa media y fase floral a medida que aumentaba la elevación, pasando de 32 hojas a aproximadamente 1000 m a 11 hojas a 2200 m, es así como se pudo observar que en la región del Caribe de Colombia las plantas del cultivar 'William' alcanzaron cerca de 10 hojas, pero un ligeramente superior en la finca 1, posiblemente por la mayor acumulación de calor en la misma localidad.

Por su parte, el tiempo térmico varió entre localidades y cultivares, pero no hubo tendencias claras hasta que los factores de fotoperíodo y temperatura se incorporaron para calcular las unidades de desarrollo térmico. La media térmica, promediado a través de cultivares para la localidad Butembo alcanzó valores superiores a los 1000 °C días, menos que la de Ndihira la mejor ubicación geográfica para producir musáceas. Por otro lado, Mavivi, el lugar más cálido, tuvo un tiempo térmico 32 °C menos que el en Ndihira. La tasa de desarrollo hacia la floración de los cultivares de banano estuvo fuertemente correlacionada con la temperatura del sitio. El desarrollo más rápido se produjo en Butembo (18,8 °C) y el más lento en Mavivi (23,6 °C). Este comportamiento fue similar al de esta investigación en el que la finca 1 alcanzó el desarrollo y crecimiento más rápido que la finca 3.

El requerimiento de agua en las diferentes etapas del sistema de producción de musáceas es uno de los temas técnicos con las mayores deficiencias de manejo en el mundo. Sin embargo, dada la creciente demanda del cultivo en los mercados nacionales e internacionales y en vista de la perspectiva de un clima futuro con temperaturas más altas y menos precipitaciones, es necesario implementar estrategias de uso eficiente del agua. Una disminución en la disponibilidad de agua en el cultivo genera estrés hídrico, el cual dificulta a la planta absorber o extraer el agua y los nutrientes necesarios para sus funciones fisiológicas. Una mayor demanda de agua para el llenado y producción de la fruta ocasiona múltiples deficiencias nutricionales.

El riego suplementario es muy importante para obtener una producción de mango suficiente y de calidad y es necesario para suplir las demandas de agua en la época seca o de menos lluvias o en aquellas zonas donde la evapotranspiración es mayor a la precipitación. Al ser cultivos que se desarrollan en los trópicos están adaptados a buenas condiciones de humedad, necesitan por lo menos 25 mm de agua por semana, y para mantener una productividad óptima requieren de precipitaciones anuales de 2000-2500 mm uniformemente distribuidas a lo largo del año. Cuando las condiciones de riego son limitadas, la sequía constituye para ellos una de las principales causas de las pérdidas en los rendimientos agrícolas (Vanhove et al., 2012).

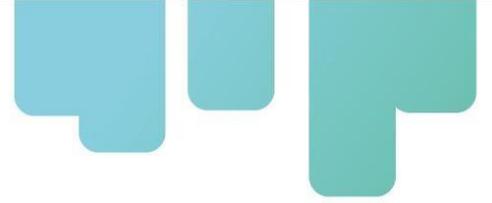


Este aplicativo también permite con las variables asociadas al clima gestionar un uso eficiente del recurso hídrico, lo cual constituye el insumo principal de la vida y juega un papel trascendental en la agricultura. Es por lo anterior, que con el uso de la aplicación se pretende promover el uso eficiente y racional del agua. Se busca que los riegos de las plantas se implementen en función de un balance hídrico donde se contemplen indicadores de apoyo como la precipitación, evapotranspiración de cultivo, coeficiente de cultivo, características del suelo entre otros. La importancia de este indicador radica en la necesidad de asegurar la humedad adecuada para la productividad del banano.

Finalmente, la heterogeneidad entre los diferentes tipos de productores implica realizar procesos de capacitación técnica (indistintamente del cultivo) con énfasis en las necesidades que tiene cada una de estas agrupaciones. De esta manera, como lo mencionan Espinoza et al., (2017); Wuepper et al. (2017); CEPAL et al. (2018) y Rodríguez et al. (2020) se facilita el intercambio de información entre ellos, lo cual permitirá ampliar sus conocimientos técnicos, generen innovación y con ello, sus habilidades prácticas para mejorar la producción del cultivo y la capacidad de negociación ante diferentes canales de comercialización. Por otro lado, clasificar a los productores de acuerdo con las características de manejo del cultivo y variables económicas, facilita el entendimiento a los tomadores de decisiones respecto al accionar frente a cada grupo de agricultores. En este sentido, al considerar las cuatro diferente tipologías que se generaron en esta investigación, en términos generales las tipologías estaban caracterizadas por requerir un trabajo enfocado en el mejoramiento del manejo agronómico del cultivo con miras a aumentar la productividad y ser más eficiente en la inversión económica, organizar estrategias a través de las cuales se fortalezcan las habilidades técnicas y financieras de los agricultores, lo cual posteriormente implicará mayor eficiencia económica y otros grupos ubicados en las tipologías que no obtienen ganancias estables, y son muy vulnerables a las fluctuaciones típicas del mercado, De esta manera, es posible identificar grupos focales para definir futuras inversiones, acompañamientos y generación de proyectos con el objetivo de mejorar la eficiencia, la rentabilidad, equidad y sostenibilidad en el cultivo de la piña, por ser indicadores clave para mejorar la productividad y la competitividad de los sistemas productivos (IICA 2010).

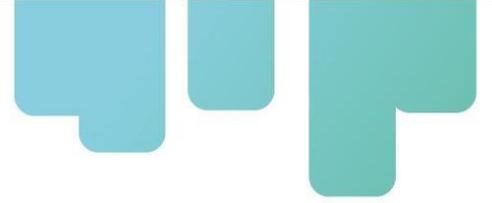
Este tipo de estudios dan lineamientos para establecer planes, programas y proyectos no solo del nivel local, sino para gobiernos departamentales que atiendan los aspectos limitantes de mayor importancia en el sistema productivo (Adegbite y Adeoye 2015; Rodríguez et al. 2020).

Adicionalmente, si no se logra aumentar la capacidad técnica al mismo tiempo que la eficiencia económica, es posible que en el futuro se genere un mal uso de los recursos (Cachanosky 2012). Por ello, resulta muy importante que el sistema productivo se analice de forma integral y no como partes independientes (Vidalf 2015).



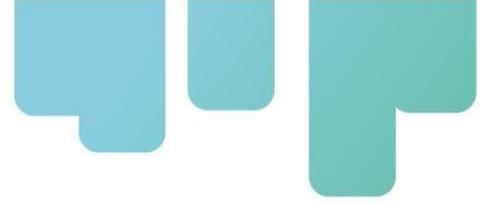
Conclusiones

- El diagnóstico y caracterización de las diferentes regiones productoras de banano en Colombia, Perú y República Dominicana, arrojó la necesidad y a la vez oportunidad que existe para el desarrollo de herramientas tecnológicas de apoyo para la toma de decisiones sobre prácticas agronómicas que contribuyan en la tecnificación de los sistemas productivos y de esta manera se aumente la productividad y se mejore la calidad de producción.
- El diagnóstico además permitió identificar que no existe una App de uso libre dirigida a productores familiares de musáceas que incluya los cinco componentes o módulos que ofrece el aplicativo °AHOra.
- Se desarrolló una aplicación web-móvil de uso gratuito al servicio de los productores que permite realizar algunas proyecciones del cultivo (estimación de tasa potencial de hojas, proyección de fecha óptima de cosecha, cuantificación de productividad, requerimientos nutricionales y requerimientos hídricos) a partir de datos locales meteorológicos y abióticos. Este relacionamiento práctico busca que el productor conozca la capacidad de desarrollo de su plantación, identifique los problemas que afectan el desarrollo del cultivo y sobre todo que se corrijan a tiempo.
- El proceso de validación del uso de la aplicación °AHOra permitió que los productores reconocieran y aprendieran a utilizar la aplicación y generar diagnósticos sobre la salud de las plantas, proyectar la cosecha en función de la acumulación de grados días, generar planes de fertilización y riego de acuerdo con las necesidades del cultivo. Por otra parte, la herramienta les permite monitorear las condiciones climáticas predisponentes y generar planes de mitigación ante la presencia de eventos climáticos adversos. Para el caso de Colombia la validación permitió además verificar la funcionalidad de los modelos propuestos y ajustar la estimación de requerimientos hídricos en pro de dar mayores soluciones y alternativas al productor a la hora de definir las cantidades de agua a aplicar para garantizar que las plantas tomen los nutrientes de manera eficiente. Específicamente, se incorporó al modelo dos nuevos indicadores útiles para mejorar la eficiencia en las recomendaciones, la cuales son densidad aparente y humedad del suelo antes de iniciar el riego, teniendo en cuenta que se espera llegar mediante la aplicación de riego a un indicador de 70% de humedad.
-



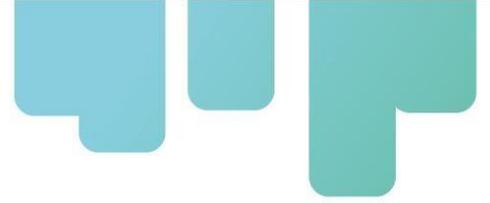
- Para garantizar la sostenibilidad financiera y técnica del aplicativo, una vez finalice la ejecución del proyecto, se desarrolló un plan de negocios que integra estrategias que permiten disminuir la incertidumbre del futuro de la aplicación en Colombia, Perú y República Dominicana, como lo son: 1) Desarrollar una versión de la App para cada país, las cuales se ajustan a las particularidades propias de los sistemas productivos (manejo agronómico, nivel de tecnificación, destino de la producción, condiciones socioeconómicas de los productores y grado de adopción de tecnología, entre otros) en las regiones de estudio en cada uno de los tres países participantes; 2) instalación de la App en servidores con la capacidad requerida y administrados por instituciones estatales comprometidas en aportar este recurso sin costo adicional (aporte en especie), para asegurar indefinidamente la estabilidad en el servicio, en el caso de Colombia se encuentra en los servidores de Agrosavia, en República Dominicana en los servidores del Ministerio de agricultura, y en Perú en los servidores del INIA; 3) Anclaje de estaciones meteorológicas a la App, cuyos propietarios se comprometen a cubrir los costos de mantenimiento y plan de datos para la transmisión automática de los datos; 4) publicación de la App en tiendas móviles (Google play); 5) continuar generando articulaciones con actores de la cadena de musáceas con el fin de poder acceder a más estaciones meteorológicas y de llegar a más usuarios.

Uno de los desafíos que afronta la digitalización de la agricultura, sobre todo en América Latina y El Caribe (ALC), es la baja cobertura de los operadores de Internet, lo cual limita la conectividad y por tanto el acceso a herramientas como la App °AHOra. Se espera que la capacidad del internet rural mejore y se facilite así el uso de herramientas de uso gratuito que aporten datos y conocimiento a los productores familiares, para que tomen decisiones informadas y oportunas en pro de optimizar recursos y mejorar la sostenibilidad.



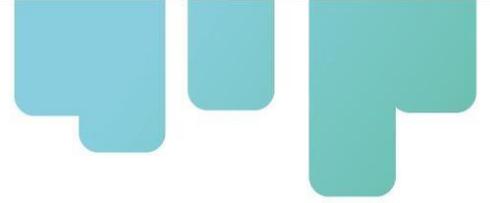
Recomendaciones

- Es fundamental, tal como se planteó en este proyecto, tener en cuenta las necesidades, expectativas y realidades de los productores de la agricultura familiar y técnicos de los territorios bajo estudio, con el fin de que las herramientas que se desarrollen - App °AHOra, sean realmente adaptadas y adoptadas por los productores familiares. Se recomienda hacer constantemente ejercicios en campo con los productores y técnicos, de tal manera que se tenga en cuenta su experiencia y percepción sobre la utilidad y facilidad de uso de las herramientas tecnológicas. Es importante que estos ejercicios se realicen de manera paciente y didáctica, de tal manera que se facilite la comprensión y apropiación.
- Es recomendable aprovechar las tecnologías y recursos que están al alcance de los productores, como los dispositivos móviles inteligentes, las redes locales de estaciones meteorológicas y la conexión a internet, dado que facilita la captación e intercambio en tiempo real de información para mejorar la toma de decisiones sobre el manejo agronómico del cultivo, gracias al uso de datos para orientar las prácticas de cultivo, tal como lo propone el aplicativo °AHOra para las zonas productoras de banano y plátano de Colombia, Perú y República Dominicana que se atendieron en este proyecto. La publicación de material audiovisual, gráfico y escrito, con información sobre el paso a paso del uso de las herramientas desarrolladas, como la App °AHOra, y el soporte científico en el que se basa su funcionamiento, permite que más personas conozcan y accedan a los servicios que presta la aplicación.
- Con el fin de crear oportunidades para hacer más competitiva la agricultura campesina, familiar y comunitaria - ACFC, es importante y urgente que tomadores de decisiones, investigadores y financiadores se articulen y generen sinergias para buscar que se intensifique el uso de datos climáticos, ya sea netos o aplicados a ecuaciones que brinden información derivada (como la que presenta el aplicativo °AHOra), dado que esto amplía la capacidad de los productores y técnicos para tomar mejores decisiones, permite a organizaciones formular mejores programas de asistencia técnica, y en general, mejorar la planificación para reducir los efectos adversos de eventos moderados y extremos de variabilidad climática. Así mismo, desde la ejecución de los proyectos, es fundamental diseñar e implementar estrategias que garanticen que, una vez finalicen los proyectos, los desarrollos tecnológicos se continúen usando y sigan disponibles para los productores. En el caso del aplicativo °AHOra, esta planeación se centró en garantizar que los usuarios tendrán acceso continuo y gratuito a los servicios que presta la App.

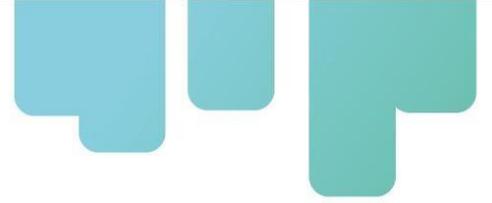


Referencias Bibliográficas

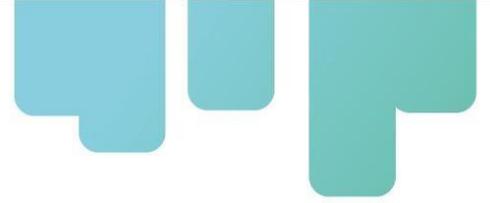
- Adegbite, O. and Adeoye, I. 2015. Technical Efficiency of Pineapple Production in Osun State, Nigeria. *Agris On-line Papers in Economics and Informatics* 7(1):3-12. DOI: 10.7160/aol.2015.070101.
- Akinbile, C. O., A. Ogundipe, and R. O. Davids. 2020. Crop water requirements, biomass and grain yields estimation for upland rice using CROPWAT, AQUACROP and CERES simulation models. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 22 (2): 1-20.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. *Roma: FAO*, 298(0).
- Allen, R. N., Dettmann, E. B., Johns, G. G., & Turner, D. W. (1988). Estimation of leaf emergence rates of bananas. *Australian Journal of Agricultural Research*, 39(1), 53-62.
- Almanza P, Quijano-Rico M, Fischer G, Chávez, B, Balaguera-López HE. (2010). Physicochemical characterization during growth and development of grapevine (*Vitis vinifera* L.) fruits under high tropical conditions. *Agron Colomb*. 28(2): 173-180.
- Alva, A.K.; Mattos Jr., D.; Paramasivam, S.; Patil, B.; Dou, H.; Sajwan, K. 2006. Potassium management for optimizing citrus production and quality. *International Journal of Fruit Science* 6: 3-43
- Aula, L., P. Omara, E. Nambi, F.B. Oyebiyi, J. Dhillon, E. Eickhoff, J. Carpenter, and W.R. Raun, 2021: Active Optical Sensor Measurements and Weather Variables for Predicting Winter Wheat Yield. *Agronomy Journal*. (DOI: 10.1002/agj2.20620).
- Baker, J.T. and Reddy, V.R. 2001. Temperature effects on phenological development and yield of muskmelon. *Annals of Botany*, 87(5):605-613. Doi: <https://doi.org/10.1006/anbo.2001.1381>
- Brunetto, G.; De Melo, G.W.B.; Toselli, M.; Quartieri, M.; Tagliavini, M. The role of mineral nutrition on yields and fruit quality in grapevine, pear and apple. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.37, n.4, p.1089-1104, 2015.
- Cachanosky, I. 2012. Eficiencia técnica, eficiencia económica y eficiencia dinámica. *Procesos de Mercado: Revista Europea de Economía Política* IX (2): 51-80. (Revista en línea). En: <http://www.hacer.org/pdf/ICachanosky00.pdf> (diciembre de 2019).
- Calberto, G., Blake, D., Staver, C., Carvajal, M. and Brown, D. (2018), The frequency and effects of weather events on banana productivity-results of a global survey. *Acta Horticulturae* 1196 (pp. 179-186).



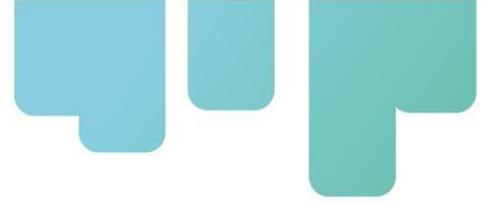
- Calberto, G., Staver, C., and Siles, P. (2015), An assessment of global banana production and suitability under climate change scenarios, In: Climate change and food systems: global assessments and implications for food security and trade, Aziz Elbehri (editor). Food Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Cárdenas-González H, S. Zapata-Henao, J. D. Sánchez-Torres. (2017). "Análisis productivo de plátano en alta densidad y su relación con la precipitación en Urabá," Revista Politécnica, 13 (24): 27-35.
- Castillo González, AM, Hernández Maruri, JA, Avitia García, E, Pineda Pineda, J, Valdéz Aguilar, LA, & Corona Torres, T. (2011). Extracción de macronutrientes en banano 'Dominico' (Musa spp.). Phytón (Buenos Aires), 80(1), 65-72. Recuperado en 11 de octubre de 2022, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572011000100010&lng=es&tlng=es.
- CEPAL. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, MAG. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, NDF. Fondo Nórdico de Desarrollo y BID. Banco Interamericano de Desarrollo. 2018. Acompañamiento técnico y fortalecimiento de capacidades de los productores agropecuarios en el contexto del cambio climático en Costa Rica: Líneas de acción para la revitalización del servicio de extensión agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería, LC/MEX/TS.2018/23, Ciudad de México. 72 p.
- Díaz-López, E.; Loeza-Corte, J. M.; Campos-Pastelín, J. M.; Morales-Rosales, E. J.; Domínguez-López, A. y Franco-Mora, O. "Eficiencia en el uso de la radiación, tasa de asimilación neta e integral térmica en función del fósforo en maíz (Zea mays L.)". *Agrociencia*, vol. 47, no. 2, 2013, pp. 135-146, ISSN 1405-3195.
- Espinoza, J., Ramírez, A., Guerrero, L. y López, S. 2017. Estrategias, alianzas y portafolio de negocios para desarrollar la competitividad del cultivo del melón en la Comarca Lagunera, México. *Nova scientia* 9 (19). (Revista en línea). En: <http://dx.doi.org/10.21640/ns.v9i19.990> (diciembre de 2019).
- FAO. 2021a. AquaCrop. Disponible en: <https://www.fao.org/aquacrop/overview/practicalapplications/es/>
- FAO. 2021b. World Food Studies Simulation Model (WOFOST). Disponible en: <https://www.fao.org/land-water/land/land-governance/land-resources-planning-toolbox/category/details/en/c/1236431/>
- FAO. 2021c. CropSyst. Disponible en: <https://www.fao.org/land-water/land/land-governance/land-resources-planning-toolbox/category/details/en/c/1236450/>
- FAO. 2021d. CropWat. Disponible en: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/es>
- FAOSTAT. (2021). Producción mundial de musaceas año 2019. [Consultado el 17 de abril de 2021]. URL: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.



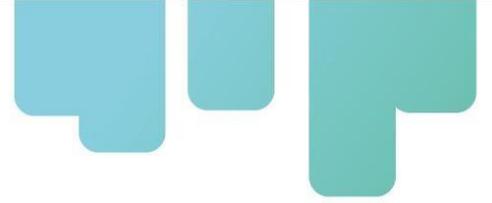
- Ferrer, M.; Gálvez, G.; Lamela, C.; Jiménez, G. 2014. Uso de los grados días acumulados en la estimación de la evapotranspiración de la caña de azúcar (*Saccharum* spp. híbrido) para ciclos de crecimiento monomodal. *Cultivos Tropicales*, 35(3): 113-117. ISSN 1819-4087
- Flores-Gallardo, H.; Ojeda-Bustamante, W.; Flores-Magdaleno, H.; Mejía-Sáenz, E.; Sifuentes-Ibarra, E. 2012. Grados día y la programación integral del riego en el cultivo de papa. *Tierra Latinoamericana*. 30(1): 59-67.
- Flórez-Martínez, D. H. & Uribe- Galvis, C. P. (2018). TIC para la investigación, desarrollo e innovación del sector agropecuario. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).
<http://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/view/62/45/586-1>
- Fontagro. 2022. Proyecto: "Escalando mejora continua en banano orgánico de exportación familiar (BOFX)". Disponible en: <https://www.fontagro.org/new/proyectos/banano-organico>.
- Galán Sauco V, Cabrera J, Hernández Delgado PM (1992) Diferencias fenológicas y de producción entre banano de invernadero y al aire libre (*Musa acuminata* Colla AAA cv, Dwarf Cavendish) en Canarias. *Acta Hort*. 296: 97-111.
- Ganry, J., (1978). Recherche d'une méthode d'estimation de la date de récolte du bananier à partir de données climatiques dans les conditions des Antilles. *Fruits* 33 (10), 669–679.
- Guarín, G., & Ochoa, A. (2011). Aplicación del modelo SIMBA-POP a la producción de banano en Urabá (Colombia). X Congreso Colombiano de Meteorología y Conferencia Internacional "200 años de la meteorología y de la climatología en América Latina" – Bogotá, marzo de 2011.
- Hoyos, D.; Morales, J.; Chavarría, H.; Montoya, A.; Correa, G.; Jaramillo, S. 2012. Acumulación de Grados-Día en un Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L.) en un Modelo de Producción Aeropónico. *Rev.Fac. Nal. Agr. Medellín* 65(1): 6389-6398.
- Jiménez, R.; Rengifo, D. Céspedes, C; y Suárez. (2013). Relevamiento de las mejores prácticas e innovaciones en la producción de banano de exportación. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Santo Domingo, República Dominicana
- Jullien, A., Chillet, M., & Malézieux, E. (2008). Pre-harvest growth and development, measured as accumulated degree days, determine the post-harvest green life of banana fruit. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 83(4), 506-512.
- López M., M.A., Chaves C., B. y Florez R., V.J. (2011). Modelos de cultivos y modelos fenológicos. En: Florez R., V.J. (Ed.). *Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo*. Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia. pp. 153-177.
- Martín R., y E. Jerez. (2017). Efecto de las temperaturas en el rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Romano. *Cultivos Tropicales*, 38 (1), 75-80.



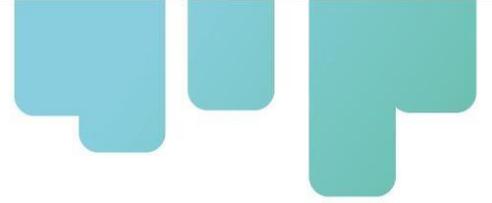
- Martínez, A.M., y D.G. Cayón. 2011. Dinámica del crecimiento del banano (Musa AAA, Simmons cvs. Gran Enano y Valery). Rev. Fac. Nac. Agr. Medellín 64:6055-6064.
- Matzarakis, A., Ivanova, D., Balafoutis, C., & Makrogiannis, T. (2007). Climatology of growing degree days in Greece. *Climate Research*, 34(3), 233-240.
- Mira, J., A. Díaz y M. Hernández. 2004. Influencia del régimen de lluvias sobre la productividad bananera de Urabá. p. 72. En: Memorias. XXXIV Congreso Sociedad Colombiana de Control de Malezas y Fisiología Vegetal. COMALFI, Bogotá.
- Monteith JL (1981) ¿Limita la luz la producción de luz? En: Johnson CB (ed.), Procesos fisiológicos que limitan la productividad de las plantas, págs. 23-38. Butterworths, Londres.
- Nyombi, K., van Asten, P., Leffelaar, P., Corbeels, M., Kaizzi, C.K., Giller, K. (2009). Allometric growth relationships of East Africa highland bananas (Musa AAA-EAHB) cv. Kisansa and Mbwazirume. *Annals of Applied Biology* 155 (3), 403–418.
- Obreza, T. T., & Morgan, K. T. (2008). Nutrition of Florida citrus trees. EDIS, 2008(2).
- Orduz, J.; Monroy, H.; Fischer, G. (2010). Comportamiento fenológico de la mandarina 'Arrayana' en el piedemonte del Meta, Colombia. *Agronomía Colombiana* 28(1), 63-70.
- Panigrahi, N., A. J. Thompson. S. Zobelzu y J. Knox. (2021). Identifying opportunities to improve management of water stress in banana production, *Scientia Horticulturae*. 276, pp. 109735.
- Parra-Coronado A., Fischer G., and B. Chaves - Córdoba. 2015. Thermal time for reproductive phenological stages of pineapple guava (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret). *Acta Biológica Colombiana*. 20 (1)163-173. DOI: <https://doi.org/10.15446/abc.v20n1.43390>
- Pulido, S.P. 2008. Desarrollo de un modelo fenológico de Lulo (*Solanum quitoense* Lam.). var. Septentrionale. Tesis de maestría, Facultad de Agronomía. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 84p.
- Puvvada, N. and Prasad Babu, M.S. 2018. Semantic web-based banana expert system. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, 8(3), 364-371.
- Ramírez C., C., Daza G., J., & Peña Q., A. J. (2015). Tendencia anual de los grados día cafeto y los grados día broca en la región andina ecuatorial de Colombia. *Corpoica Ciencia Y Tecnología Agropecuaria*, 16(1), 51-63. https://doi.org/https://doi.org/10.21930/rcta.vol16_num1_art:379
- Razzaq, K.; Khan, A.S.; Malik, A.U.; Shahid, M.; Ullah, S. Foliar application of zinc influences the leaf mineral status, vegetative and reproductive growth, yield and fruit quality of 'Kinnow' mandarin. *Journal of Plant Nutrition*, Philadelphia, v.36, p.1479-1495, 2013. DOI: [10.1080/01904167.2013.785567](https://doi.org/10.1080/01904167.2013.785567)



- Rodríguez Polanco, E., Gutiérrez Díaz, J. S., & Orduz Rodríguez, J. (2018). Diagnóstico nutricional del cultivo de la lima ácida Tahití [*Citrus latifolia* (Yu Tanaka) Tanaka] en el departamento del Tolima (Colombia). *Temas Agrarios*, 23(2), 144-153. <https://doi.org/10.21897/rta.v23i2.1298>.
- Rodríguez W, Flórez V. (2006). Comportamiento fenológico de tres variedades de rosas rojas en función de la acumulación de la temperatura. *Agron Colomb*. 24(2):247-257.
- Rodríguez, G., Betancourt; M. y Méndez, C. 2020. Modelos de Agronegocios Sostenibles. Estudio de caso: cultivo de plátano en los Llanos Orientales de Colombia. In: Lango, F., Lango, V., Castañeda, M., Montoya, J., Landeros, C., eds. 20 años de Tecnología e Investigación Sustentable. Red Iberoamericana de academias de Investigación AC. Veracruz, México. pp 288-307.
- Rodríguez-Espinosa, Holmes; Ospina-Parra, Carlos Eduardo; Ramírez-Gómez, Carlos Julián; Toro-González, Isabel Cristina; Gallego-Lopera, Alexandra; Piedrahita-Pérez, María Alejandra; Velásquez-Chica, Alexandra; Gutiérrez-Molina, Swammy; Flórez-Tuta, Natalia; Hincapié-Echeverri, Oscar Darío & Romero-Rubio, Laura Cristina. 2020. Lineamientos para una metodología de identificación de estilos de aprendizaje aplicables al sector agropecuario colombiano. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(3). issn: 0122-8706 - 2500-5308. DOI: 44996. Disponible en: <http://revista.corpoica.org.co/html/1050/>.
- Salazar M, Jones J, Chaves B, Cooman A. (2008). A model for the potential production and dry matter distribution of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *Sci HortiAmsterdam*. 115(2):142–148. Doi: 10.1016/j. scienta.2007.08.015.
- Salazar, M. (2006). Un modelo simple de producción potencial de uchuva (*Physalis peruviana* L.). (Tesis de Doctorado en Ciencias Agropecuarias – Área Agraria). Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, p.110.
- Salazar-Gutierrez, M. R., Johnson, J., Chaves-Cordoba, B., & Hoogenboom, G. (2013). Relationship of base temperature to development of winter wheat. *International Journal of Plant Production*, 7(4), 741-762.
- Sharma A., Arora S., Sharma V., Arya V.M., Sharma S.K. 2019. Soil and weather-based yield prediction model for rainfed areas. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 89 (5).
- Sifuentes Ibarra, E.; Ruelas, J.; Macías, J.; Talamantes, I.; Palacios, C.; Valenzuela, B. 2015. Fenología y tiempo en el manejo del riego y fertilización del cultivo de papa. *Biotecnia*, 17(3): 42-48. DOI: <http://dx.doi.org/10.18633/bt.v17i3.218>
- Sikder S. (2009) Accumulated heat unit and phenology of wheat cultivars as influenced by late sowing heat stress condition. *J Agric Rural Dev*. 7(1-2):57-64.
- Sotomayor, O., Ramírez, E y H. Martínez. 2021. “Digitalización y cambio tecnológico en las mipymes agrícolas y agroindustriales en América Latina”, *Documentos de Proyectos*



- (LC/TS.2021/65), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)/Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- Staver, C. Turmel, M., Siles, P., Mpiira, S., Bustamante, O., Calberto, G., Dita, M., Omondi, A. Álvarez, E. Zheng, S. 2018. Step by step tools to identify agroecological intensification alternatives for banana cropping systems. *Acta Horticulturae* 1196: 9-18.
- Stevens, B., Diels, J., Vanuytrecht, E., Brown, A., Bayo, S., Rujwaka, A., ... & Swennen, R. (2020). Canopy cover evolution, diurnal patterns and leaf area index relationships in a Mchare and Cavendish banana cultivar under different soil moisture regimes. *Scientia Horticulturae*, 272, 109328.
- Távora, M. (2020). Efectos del cambio climático en la productividad del banano orgánico en el Valle del Chira – Sullana - Piura (Trabajo de investigación de Máster en Agronegocios). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Piura, Perú.
- Tecbaco. 2021. Banasof. Recuperado de: <https://www.tecbaco.com/productores/>. time models. *Acta Horticulturae*, 707:159-165.
- Thornton, P., L. Cramer. (2012). Impacts of climate change on the agricultural and aquatic systems and natural resources within the CGIAR's mandate. Copenhagen, Denmark.
- Tixier, P., Malézieux, E., & Dorel, M. (2004). SIMBA-POP: a cohort population model for long-term simulation of banana crop harvest. *Ecological Modelling*, 180(2-3), 407-417.
- Torres-Bazurto, J., Magnitskiy, S., & Sánchez, J. D. (2021). Accumulation and distribution of micronutrients in banana cv. Williams (Musa AAA Simmonds) with different doses of nitrogen. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 15(1), e11795. <https://doi.org/10.17584/rcch.2021v15i1.11795>
- Turner DW (1971). Effects of climate on rate of banana leaf production. *Tropical Agriculture (Trinidad)* **48**, 283–287
- Turner DW (1994). Bananos y plátanos. En: Schaffer B, Andersen PC (eds), *Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops*, vol. 2. Cultivos tropicales y subtropicales, págs. 37-64. Prensa CRC, Boca Raton.
- Turner DW (1998). Influencia de los principales factores ambientales (temperatura, humedad, luminosidad y suelo) sobre crecimiento y producción en banano y plátano. En: *Actas de la 13ª Reunión de ACORBAT*, Guayaquil, Ecuador, págs. 635-663. CONABAN, Ecuador.
- Turner DW, Lahav E (1983). The growth of banana plants in relation to temperature. *Aust. J. Plant Physiol.* 10:43-53.
- Turner, D. W. (1987). Nutrient supply and water use of bananas in a subtropical environment. *Fruits*, 42(2), 89-93.



- Turner, D. W. (1989). Modelling demand for nitrogen in the banana. In *International Symposium on the Culture of Subtropical and Tropical Fruits and Crops 275* (pp. 497-504).
- Turner, D. W., Fortescue, J. A., & Thomas, D. S. (2007). Environmental physiology of the bananas (*Musa spp.*). *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(4), 463-484.
- Turner, D., Hunt, N. (1983). The relationship between temperature and the rate of appearance of new leaves on thirty banana varieties grown in the subtropics. *García Orta serie Estudios Agron. Lisb.* 10, 91–94.
- Umber, M., Paget, B., Hubert, O., Salas, I., Salmon, F., Jenny, C. Marc Chillet & Bugaud, C. (2011). Application of thermal sums concept to estimate the time to harvest new banana hybrids for export. *Scientia horticulturae*, 129(1), 52-57.
- Vidal, R. 2015. Cómo crear cadenas productivas competitivas y sostenibles: aprendizajes del biocomercio en Ecuador. *Debates IESA XX(2)*: 15-19.
- Wuepper, D., Sauer, J. y Kleemann, J. 2017. Sustainable intensification amongst Ghana's pineapple farmers: the complexity of an innovation determines the effectiveness of its training. *Environment and Development Economics* 23(01):1-22. DOI: 10.1017/S1355770X1700033X (febrero de 2020).
- Yang Chen, Donohue, T. McVicar, F. Waldner, G. Mata, N. Ota, A. oushmandfar, Kavina S. Dayal, R. Lawes. 2020. Nationwide crop yield estimation based on photosynthesis and meteorological stress indices. *Agricultural and Forest Meteorology*. doi: 10.1016/j.agrformet.2019.107872
- Yela, P.; Boza, J.; Baquedano, L.; Fierro; Rivas, K., y Quiñonez. (2016). Efectos del cambio climático en la producción agrícola del banano en el cantón Valencia. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. En línea: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2016/09/banano.html>
- Zhou, Y.; He, W.Z.; Zheng, W.L.; Tan, Q.L.; Xie, Z.Z.; Zheng, C.S.; Hu, C.X. Fruit sugar and organic acid were significantly related to fruit Mg of six citrus cultivars. **Food Chemistry**, London, v.259, p.278-285, 2018.

Anexos 1. Evidencias fotográficas de algunos eventos, proyecto °AHOra



Imagen 2: Taller realizado en Republica Dominicana el 16 nov 2021



Imagen 3: Taller realizado en Republica Dominicana el 11 feb 2022



Imagen 4: Taller realizado en Perú el 25 feb 2022



Imagen 5: Taller realizado en Perú el 17 feb 2022

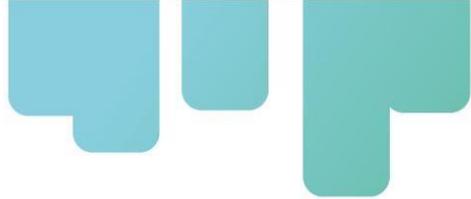


Grupo de trabajo en sesión virtual
5 de agosto 2022



Imagen 1: Grupo de trabajo en la sesión presencial del 22 de agosto 2022, desarrollada en el CI Tibaitata de AGROSAVIA.





Instituciones participantes



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org