



Consultoría para desarrollar un estudio de un aplicativo para productores familiares de musáceas

Producto 10. Base de datos de validación de cálculos, enfocada en indicadores de productividad del banano.

**Equipo Ejecutor
2022**



Códigos JEL: Q16

ISBN: **en trámite**

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 Leon Pacheco, Carmen Lorena Chavarro Rodríguez, Elias David Florez Cordero–AGROSAVIA; Juan Carlos Rojas, Ulises Vegas Rodriguez, Gleyson Medina, Esdwin Nuñez Ticliahuanca– INIA; Aura Paulino de la Rosa, Domingo Rengifo, Ewddy Pérez, Pablo Suarez, Juan Carlos Torres– 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



Tabla de Contenidos

Resumen.....	4
Introducción	5
Marco teórico.....	6
Metodología	7
Resultados y discusión.....	18
• Función 1. Cálculo de la tasa potencial de emisión de hojas.....	18
COLOMBIA	18
REPÚBLICA DOMINICANA	21
PERÚ.....	23
• Función 2. Cálculo del período de floración a cosecha.....	24
COLOMBIA	24
REPÚBLICA DOMINICANA	26
PERÚ.....	28
• Función 3. Cálculo del peso potencial del racimo.....	30
COLOMBIA	30
REPÚBLICA DOMINICANA	34
PERÚ.....	35
• Función 4. Cálculos de la demanda de nutrientes.....	36
COLOMBIA	36
REPÚBLICA DOMINICANA	40
PERÚ.....	43
• Función 5. Cálculo de las necesidades hídricas.....	44
COLOMBIA	44
REPÚBLICA DOMINICANA	45
PERÚ.....	47
Conclusiones.....	48
Referencia bibliográfica	50
Anexos.....	53
Instituciones participantes	56



Resumen

Los sistemas productivos de las musáceas, plátano y banano, se cultivan en todas las regiones tropicales y tiene importancia socioeconómica en todos los países donde es cultivado, principalmente en países en desarrollo. El proyecto AgTech financiado por Fontagro ATN/RF-17245-RG tiene como meta el lanzamiento de un aplicativo denominado °AHoRa que convierte, en tiempo real, datos de estaciones meteorológicas de redes locales en indicadores del potencial productivo de banano en las regiones productoras de Colombia, República Dominicana y Perú. El presente documento contiene información sobre el proceso de validación del uso de la aplicación °AHoRa ejecutado en las regiones productoras de banano de los tres países. Como resultado de este proceso, para Colombia, por ejemplo, los productores encontraron limitantes en los modelos utilizados para las proyecciones generadas con la aplicación en las funciones de Peso del Racimo, Nutrición y Riego, lo cual fue subsanado incluyendo nuevos indicadores en los modelos para dar respuesta a las sugerencias de los productores y dar mayor precisión en las estimaciones. Colombia ha hecho modificaciones para hacer de la App una predicción de la realidad de cada productor, mientras que en RD y Perú la App señala el potencial. La diferencia entre el potencial y el dato de campo es un indicador de posibles modificaciones en el manejo para elevar el crecimiento y producción. Una vez realizado los ajustes del modelo se pudo validar que la aplicación genera información útil, confiable y ajustada a los indicadores reales del cultivo. No se encontraron diferencias significativas entre los datos tomados en campo y los estimados con el uso de la aplicación. Por lo anterior, se puede inferir que los ajustes realizados por los equipos ejecutores en cada uno de los tres países han aportado a la mejora de las versiones anteriores de la aplicación.

Palabras Clave: musáceas, factores abióticos, estación meteorológica, comportamiento productivo, temperatura, grados-día, radiación solar, evapotranspiración y precipitación.



Introducción

Las tecnologías digitales ofrecen diferentes beneficios que permiten tomar mejores decisiones a los agricultores y prometen impactar significativamente los modelos de producción, a través de la promoción de la agricultura de precisión que se asocia con la mejora de la productividad y aumentos en los ingresos de los agricultores (Flórez y Uribe, 2018). Para que se lleven a cabo estos procesos de digitalización y transformación en el sector agrícola, se requiere que en las zonas rurales haya ciertas condiciones para que se adopten estas tecnologías, tales como el acceso a energía eléctrica, cobertura de internet, precios accesibles y alfabetización digital, además del desarrollo de herramientas y aplicaciones de fácil acceso y manejo.

En este contexto y ante la necesidad de generar una herramienta que apoye en la toma de decisiones sobre el manejo agronómico del cultivo de banano, el proyecto AgTech financiado por Fontagro ATN/RF-17245-RG, ha desarrollado una aplicación denominada °AHOra la cual convierte, en tiempo real, datos de estaciones meteorológicas de redes locales en indicadores del potencial de crecimiento y productividad de banano en las zonas de influencia del proyecto en Colombia, Perú y República Dominicana. De esta manera, se puede mejorar la planificación y toma de decisiones de prácticas agronómicas en plantaciones de musáceas (plátano y banano), que mejorarían la adaptación frente a los efectos de la variabilidad climática, con especial referencia en la agricultura familiar de las zonas de estudio.

El objetivo del presente documento es describir y analizar el proceso de validación de la aplicación °AHOra que se llevó a cabo en las regiones productoras de banano y plátano en Colombia, y de banano orgánico en Perú y la República Dominicana. Sumado a lo anterior, a este documento se anexan las bases de datos registrados en campos de banano de productores involucrados en el proyecto. Para el proceso de validación en la República 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.

Una vez finalizado el periodo de evaluación cada uno de los equipos de los países realizó un análisis y comparación entre la información *in situ* tomada en campo y las proyecciones generadas con el uso de la aplicación. La metodología empleada y los resultados obtenidos se encuentran a lo largo del desarrollo de este documento.



Marco teórico

El adecuado desarrollo y productividad de los cultivares de musáceas, y la incidencia de plagas y enfermedades están estrechamente ligadas a las condiciones climáticas predisponentes de cada región productora. Así, la temperatura es uno de los factores agroclimáticos más importantes para el crecimiento y desarrollo del cultivo, determina la ubicación de las zonas potenciales de producción, influye sobre todos los procesos fisiológicos de la planta, determina la duración del ciclo fenológico, el ritmo de emisión de hojas y el peso del racimo (Panigrahi *et al.*, 2021).

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 día (GD)” (López *et al.*, 2011). Los grados día acumulados (GDA) están relacionados estrechamente con la tasa de emisión de hojas – una hoja cada 108 GDA (Turner y Lahav, 1983), y la duración del período entre floración y cosecha – 900 GDA (Ganry, 1978; Jullien *et al.*, 2008; Umber *et al.*, 2011). 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. (Orduz *et al.*; 2010; Hoyos *et al.*, 2012). El tiempo fisiológico se utiliza para el cálculo de la tasa de aparición de nudos, de hojas e inflorescencias y para estimar el crecimiento y desarrollo de frutos (Rodríguez y Flórez, 2006; Salazar, 2006; Almanza *et al.*, 2010), así como para estimar la producción potencial (Salazar *et al.*, 2008a). Cada planta tiene un requisito específico de temperatura antes de que ciertos estados fenológicos se alcancen (Sikder, 2009). Hay varios métodos de cálculo de GDA, pero el más común en las investigaciones agrícolas y fenológicas es calcular GDA como la suma de la diferencia entre la temperatura media y la temperatura crítica o temperatura base (T_b), con la temperatura media calculada como la media de las temperaturas mínimas y máximas diarias (Matzarakis *et al.*, 2007). El método de GDA es más apropiado para describir el desarrollo, ya que es independiente del medio ambiente o año (Salazar-Gutiérrez *et al.*, 2013). Un requisito básico para este enfoque es la determinación de la T_b , por debajo de la cual el desarrollo fenológico cesa o las plantas detienen sus procesos metabólicos (Salazar, 2006).

Otro factor meteorológico que influye en la productividad potencial del banano es la radiación solar. La radiación interceptada de la floración a la cosecha es la base principal de la formación del racimo, ya que no hay más emisión foliar en el pseudotallo después de la floración (Tixier *et al.*, 2004). Adicionalmente, uno de los métodos para calcular la demanda de nutrientes se basa en la acumulación de biomasa, que se puede estimar en función de la radiación recibida e interceptada (Turner, 1989). Otro factor no meteorológico, como la disponibilidad de agua, juega un papel fundamental en la calidad de la fruta ya que controla las manchas de madurez, determina el tamaño del racimo, controla la floración y número de emisión de bacotas en la plantación y es responsable de la predisposición e incidencia de plagas y enfermedades limitantes del cultivo (Panigrahi *et al.*, 2021).



Metodología

Ubicación de los ensayos

Con el fin de validar los datos que arroja la aplicación °AHOra en cada una de las cinco funciones que brinda, en 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, es decir, en las zonas de trabajo del proyecto °AHOra, se llevó a cabo un proceso de toma o registro de datos en campo, en fincas de productores de banano que se encontraban cerca de las estaciones meteorológicas enlazadas a la App. Así, en **República Dominicana** se tomaron datos en 20 fincas, ubicadas cerca de una de las siguientes estaciones meteorológicas: 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. En el caso de **Perú** se escogieron tres fincas, las cuales se encuentran en las localidades de Querecotillo, Marcavelica y Mallares, pertenecientes a las cooperativas AVACH, APBOSMAM Y APPBOSA, en Sullana-Piura, Perú. En **Colombia** el proceso de validación del uso de la aplicación °AHOra se desarrolló en seis parcelas experimentales ubicadas en la zona bananera del departamento del Magdalena y La Guajira. La metodología fue especificada en función de los modelos propuestos en la aplicación para generar información de base de utilidad para que los productores puedan planificar las actividades agronómicas de su cultivo.

En todas las fincas de las zonas de ensayo, se realizó una visita semanal durante el periodo de evaluación, con el fin de tomar datos en las plantaciones, que permitieran validar los datos de salida de cada una de las funciones que presenta la App °AHOra.

Cálculos realizados por la App en cada ecuación

- **Función 1. Cálculo de la tasa potencial de emisión de hojas**

La relación de grados día (GD) acumulados para la emisión de una hoja de banano fue determinada en los años 80 (Turner y Lahav, 1983; Turner y Hung, 1983; Allen *et al.* 1988). Para la emisión de una hoja se requiere acumular 108 grados día (GD). Así, el potencial de emisión de hojas se calcula sumando los GD del período y dividiendo luego entre 108 GD (

Ecuación 3 Temperatura media diaria (Tm)

$$Tm = ((Tmáx * 0,6) + (Tmín * 0,4)).$$

Los GD se determinan mediante la suma de la diferencia entre la temperatura media o promedio



(T_m) diaria y la temperatura base o crítica (T_b) (McMaster y Wilhelm, 1997; Matzarakis et al., 2007) (

Ecuación 2). La T_b es aquella por debajo de la cual el desarrollo fenológico cesa o las plantas detienen sus procesos metabólicos (Salazar, 2006). Para el caso del banano es de 13°C. Ganry (1978) redondeó 13,7 °C a 14 °C como temperatura base, un grado más alto que para la emisión de hojas. En el presente estudio hemos propuesto usar 13 °C para ambos cálculos. En cuanto a la T_m , para el presente estudio se calcula como se muestra en la

Ecuación 3 Temperatura media diaria (T_m)

$T_m = ((T_{m\acute{a}x} * 0,6) + (T_{m\acute{i}n} * 0,4))$, con base en el Método de Priestley y Taylor (1972). Se debe tener en cuenta que cuando la temperatura máxima ($T_{m\acute{a}x}$) diaria es mayor a 35°C, en la ecuación para el cálculo de la T_m se usa el valor de 35°C como $T_{m\acute{a}x}$.

Ecuación 1. Tasa potencial de emisión de hojas (TEH)

$$TEH = \left(\frac{\sum_{i=1}^n GD}{108 GD} \right)$$

Ecuación 2. Calculo Grados día (GD)

$$GD = \sum_{i=1}^n (T_m - T_b)$$

Ecuación 3 Temperatura media diaria (T_m)

$$T_m = ((T_{m\acute{a}x} * 0,6) + (T_{m\acute{i}n} * 0,4))$$

Donde, **T_m** : temperatura media diaria; **$T_{m\acute{i}n}$** : temperatura mínima; **$T_{m\acute{a}x}$** : temperatura máxima; **n**: número de días; **T_b** : temperatura base (13°C); **GD**: grados día

En el caso de estaciones que registran datos de temperatura cada hora, la temperatura promedio se puede calcular en base a un promedio de las lecturas cada hora.

- **Función 2. Cálculo del período de floración a cosecha**

Según el estudio de Ganry (1978), la duración del período entre la floración y la cosecha del racimo de banano depende de los grados día acumulados (GDA), que se basa en la temperatura promedio diaria. La acumulación de 900 GDD desde la floración hasta la cosecha es una relación establecida primero por Ganry (1978) y luego ratificada por Juillen et al (2008). La importancia de este cálculo radica en detectar el momento adecuado de cosecha para asegurar la calidad del fruto durante el transporte al mercado. Este aspecto es fundamental para los productores de banano, debido a que los mercados de exportación en Europa exigen que las semanas de desarrollo y llenado del fruto sean exactamente las que permitan obtener frutos con el calibre requerido, pero que a la vez eviten la maduración durante el tiempo de transporte.



A continuación, se presentan las dos opciones de cálculo que tiene esta función:

Fecha aproximada en que se dio la floración (hacia atrás): Este cálculo se realiza con el fin de verificar si el tiempo que transcurrió para cosechar el racimo fue el óptimo. El cálculo se realiza teniendo en cuenta la fecha en que se realizó la última cosecha. A partir de esa fecha se comienzan a sumar los grados día (GD) diarios que se presentaron, hasta llegar a sumar un valor de 900 GDA. Así, desde la fecha de cosecha ingresada, se cuentan hacia atrás el número de días que se requirieron para alcanzar los 900 GDA y esa es la fecha aproximada en que se dio la floración respectiva. Para tener el dato en número de semanas, se divide el valor entre siete.

Proyección de la fecha aproximada en que se debe cosechar: Esta ecuación estima el momento adecuado en que se debe cosechar el racimo, teniendo en cuenta los grados día acumulados (GD) por la planta desde el momento en que se dio la floración. Esta información es uno de los factores que contribuye a asegurar la calidad del fruto al momento de la cosecha. A partir de la fecha de floración ingresada, se comienzan a sumar los grados día (GD) diarios que posiblemente se presentarán, hasta llegar a sumar 900 GDA. Así, desde la fecha de floración ingresada, se cuentan hacia adelante el número de días estimados que se requerirán para alcanzar los 900 GDA y esa es la fecha aproximada en que se debe cosechar. El valor de los GD se calcula de igual manera que en la **Ecuación 2**, pero teniendo como valor T_m el promedio de las temperaturas que se presentaron en los siete días previos a la fecha de consulta (*Esta función solo está habilitada para la versión de Colombia*).

- **Función 3. Cálculo del peso potencial del racimo**

Este indicador se fundamenta en que la radiación interceptada durante la floración a la cosecha es la base principal de la formación del racimo. La radiación interceptada durante la acumulación de los 900 GDA se convierte en biomasa seca a razón de 1,5 g/MJ. La radiación solar es calculada en MJ/m². La radiación solar incidente se convierte en radiación interceptada por medio de la ecuación Beer Lambert, así:

Ecuación 4. Radiación interceptada

$$I = I_0(1 - e^{-kL})$$

Donde:

I es radiación captada

I_0 es radiación incidente llegando a la superficie de la copa de banano (dato que viene de la estación meteorológica en MJ/m²)

K es tasa de extinción o como la luz se transmite entre la copa de banano (valor de 0,7 verificado en estudios como Nyombi et al., 2009 y recientemente por Stevens et al., 2020).

L es índice de área foliar (valor de 3,5 recomendado por Philippe Tixier, (2021).



La ecuación para determinar el peso seco quedaría:

$$\text{Biomasa_planta.seca} = I_0(1-e^{-kL}) * (1,5) * (\text{Área_planta})$$

La ecuación para determinar el peso fresco potencial del racimo por hectárea (ha) quedaría según:

$$\text{Biomasa_planta.fresca} = I_0(1-e^{-kL}) * (1,5) * (\text{Área_planta}) / 1000 / 0,25 * (\#plantas/ha)$$

Este cálculo del peso potencial del racimo no tiene en cuenta el número de manos o el tamaño de los dedos que están determinados antes de la floración. Además, este cálculo asume que la nutrición y humedad fueron óptimas todo el tiempo.

En el caso de Colombia, el equipo de Agrosavia realizó un ajuste al resultado final que arroja la ecuación anterior, y se tomó en cuenta que la biomasa calculada hace referencia a un racimo de aproximadamente 13 manos. Así, para el cálculo del peso potencial del racimo en Colombia, se tiene en cuenta el número de manos cosechadas por el productor y se cuantifica en función de este indicador. Es decir, el peso potencial calculado se multiplica por el número de manos después del desmane, y se divide entre 13.

A continuación, se presentan las dos opciones de cálculo que tiene esta función:

Verificación del peso de racimo alcanzado: La App estima el peso del racimo y la productividad por hectárea, que se debió alcanzar de acuerdo con las fluctuaciones en algunas variables meteorológicas. Para ello se realiza el cálculo presentado en la **ecuación 4**, teniendo en cuenta la radiación total interceptada desde la fecha de la última cosecha realizada (dato ingresado por el usuario), hasta la fecha de floración calculada por la App según se explicó en la función 2, es decir, cálculo del número de días que se requirieron para alcanzar los 900 GDA.

Proyección de la productividad del cultivo: La App realiza una proyección del peso del racimo por planta y el volumen de fruta a cosechar, teniendo en cuenta la radiación interceptada hasta la fecha de consulta y proyectando la radiación total usando el promedio de valores hasta la fecha de consulta. El periodo de 900 GDA sigue el cálculo usado en la proyección de semanas hasta la fecha de cosecha. Para ello se realiza el cálculo presentado en la **ecuación 4**, teniendo en cuenta la radiación total interceptada desde la fecha de floración ingresada, hasta la fecha de cosecha estimada por la App, como se mostró en la función 2, es decir, cálculo del número de días que se van a requerir para alcanzar los 900 GDA. *(Esta función solo está habilitada para la versión de Colombia).*

- **Función 4. Cálculos de la demanda de nutrientes**

Este indicador relaciona la radiación solar con 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 **Republica Dominicana y Perú**, el valor de biomasa seca calculado se multiplicará por 50%, dado que en la plantación solamente este porcentaje sale en racimos. La biomasa seca se convierte en gramos de nitrógeno, fósforo y potasio, así, la ecuación para el cálculo será:

$$N \text{ a reemplazar} = I_0(1-e^{-kL}) * (1,5) * (\text{Área_planta}) * (0,5) * (0,00828)$$

$$K \text{ a reemplazar} = I_0(1-e^{-kL}) * (1,5) * (\text{Área_planta}) * (0,5) * (0,0273)$$

$$P \text{ a reemplazar} = I_0(1-e^{-kL}) * (1,5) * (\text{Área_planta}) * (0,5) * (0,00031)$$

El periodo del cálculo depende del intervalo de fertilización que el productor debe especificar en la App.

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. En la **tabla 1** se relaciona la extracción de nutrientes por tonelada cosechada tenida en cuenta en el modelo propuesto para la aplicación °AHOra.

Tabla 1. Extracción de nutrientes por tonelada cosechada para banano (Obreza y Morgan, 2008)

Extracción de nutrientes por la fruta											
Peso del racimo	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
	-----Kg t ⁻¹ -----					-----g t ⁻¹ -----					
Kg	2	0,4	6	1	0,18	0,23	4,01	0,77	1,23	1,12	5,68

La productividad (toneladas cosechadas) es estimada mediante la implementación de la ecuación Beer Lambert $I = I_0(1-e^{-kL})$.

Para el proceso de validación se generó una recomendación utilizando la aplicación °AHOra en función de las toneladas cosechadas en tres rangos (38 t ha⁻¹, 42 t ha⁻¹ y 45t ha⁻¹) y se comparó con el plan nutricional implementado en tres fincas seleccionadas en el departamento del Magdalena. Inicialmente para la primera etapa de evaluación se realizó un análisis económico para cuantificar los gastos generados con cada metodología.

- **Función 5. Cálculo de las necesidades hídricas**

La importancia de este indicador radica en la necesidad de asegurar la humedad adecuada para la productividad del banano. El método de cálculo es la suma los valores de la evapotranspiración diaria EVPo durante los siete días previos a la consulta, y se multiplican por el factor Kc (coeficiente de Cropwat), de valor 1,1 para el caso. Este valor se resta de la precipitación efectiva y se incorpora la eficiencia del sistema de riego.

Para el caso de Colombia se tienen en cuenta cuatro indicadores relacionados a continuación:



1. Balance hídrico (B) (mm) = (ETP*Kc) – Precipitación efectiva
Precipitación efectiva= 75% cuando la precipitación total es mayor a $0,9*(ETo^{0,75})$, si es menor se toma el 100% de la precipitación.
2. Humedad del suelo inicial (HI) (mm)= (Densidad aparente del suelo ($g*cm^{-3}$) x % humedad gravimétrica) x profundidad de humedecimiento (250 mm).
3. Humedad máxima de retención de agua en el suelo (HC) (mm) = 50% * Densidad aparente del suelo ($g*cm^{-3}$) x profundidad de humedecimiento (250 mm).
4. Eficiencia del riego (ER) = (Gravedad = 40%; Aspersión = 70% y Goteo = 90%)

Requerimiento hídrico diario (L/planta) = (HC + B - HI) x ER

Para la validación en las seis parcelas seleccionadas en la Zona Bananera del Magdalena se inició la programación del riego mediante la utilización de la aplicación °AHOra y en seis parcelas adicionales la implementación del riego por el método tradicional implementado por el productor, que consiste en turnos diarios de 1 hora.

Métodos empleados para toma de datos en campo

Función 1. Tasa Potencial de emisión de Hojas.

El procedimiento consistió en contar las hojas nuevas y determinar el cambio en la etapa de la hoja de cigarro cada vez que se efectuaba una revisión, utilizando la descripción de Brun (1958) para evaluar el estado de desarrollo de una nueva hoja (**Figura 1**). Así, en cada revisión se determinó el número de hojas nuevas, el estado de la hoja candela y el total de hojas emergidas. Se comparó este registro con la emisión de hojas calculada por la App en función de las condiciones climáticas. El formato de registro empleado se muestra en la **Tabla 2**.

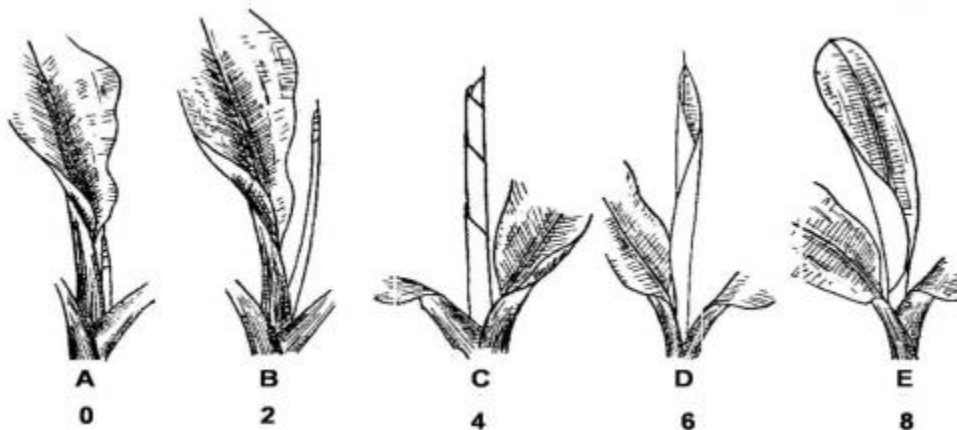


Figura 1: Descripción de Brun (1958) de etapas de desarrollo foliar en musáceas.

Tabla 2: Formato empleado para recolección de datos sobre la tasa potencial de emisión de hojas.

FINCA O PARCELA	# Planta	Día XX					
		Fecha inicio	Fecha: Día/mes/ año				
		Estado hoja candela	Número de hojas nuevas	Estado hoja candela	Total hojas emergidas 14 días	Total hojas emergidas según App	GD según App

En **República Dominicana** se realizaron tres conteos de las hojas emitidas en cinco plantas en etapa de crecimiento vegetativo, en cada parcela evaluada: Un conteo inicial y otros dos conteos a los 14 y 28 días siguientes.

En **Perú** se seleccionaron 30 plantas prontas a emitir su inflorescencia, y en la primera evaluación se realizaron los registros en planta madre de Altura (m), grosor (cm) y numero de hojas funcionales (5 hojas). Del mismo modo se procedió con el hijo de sucesión: Altura (m), grosor (cm) y numero de hojas funcionales. Las siguientes evaluaciones de biometría se realizaron con una frecuencia cada dos semanas sobre el desarrollo del hijo de sucesión. Así, se realizaron ocho mediciones: un conteo inicial, al día 15, 30, 45, 60, 75, 90 y al día 105.

En **Colombia**, en cada una de las parcelas se realizó el seguimiento de la emisión de hojas a 30 plantas. En total se realizaron ocho conteos: conteo inicial, al día 15, 30, 45, 60, 75, 90 y al día 105 (para un total 14 semanas de evaluación). Los registros que se realizaron en planta madre fueron Altura (m), grosor (cm) y numero de hojas funcionales (5 hojas). Del mismo modo se procedió con



el hijo de sucesión. Al finalizar el periodo de evaluación se realizó un análisis de varianza para comparar la tasa potencial de hojas entre las parcelas evaluadas y una prueba de medias de Tukey para comparar entre los resultados reales vs la estimación generada por la aplicación °AHOra. Adicionalmente se generó una ecuación de regresión lineal y correlación entre la tasa de emisión foliar in situ vs la acumulación de grados día mediante la prueba de Pearson.

Función 2. Periodo de floración a cosecha

Para calcular el promedio de semanas de floración a cosecha en **República Dominicana**, durante tres semanas se contaron los racimos cosechados por color de cinta en cada una de las fincas evaluadas, y se calculó con base en el número de cintas por color de los racimos cosechados multiplicado por la edad en semanas para los racimos de cada color. Para el registro de datos se utilizó el siguiente formato (**Tabla 3**).

Tabla 3: Formato para la recolección de datos sobre el periodo de floración a cosecha.

Semana de cosecha	Color cinta	Edad racimo en semanas	Número racimos	Total semanas	Promedio
Total					

En **Colombia**, para la validación del modelo, inicialmente se caracterizó la acumulación de GDA por semana durante un periodo de 75 semanas, iniciando la semana 1 del año 2021 y finalizando la evaluación en la semana 23 del año 2022. Para cada semana se contabilizó la acumulación de GD en función de la metodología de cosecha implementada por los productores, es decir, se contabilizó los GDA en función de la cosecha de la fruta en la semana 9, 10, 11 y 12 después del encintado de la fruta. Adicionalmente, para el mismo periodo de 75 semanas se contabilizó el porcentaje de fruta cosechada de semana 8, 9, 10, 11 y 12 después del encintado, con el fin de caracterizar la distribución en el tiempo de la fruta cosechada en función de las semanas de desarrollo fisiológico y comparar con las proyecciones realizadas por la aplicación °AHOra.

En **Perú** en un área determinada en cada finca se realizó un inventario del número de racimos que habían sido encintados y enfundados, desde la semana 52 (año 2021) hasta la semana 9 (año 2022), a partir de la semana 9 hasta la semana 12 se realizó un seguimiento al número de racimos por color de cinta que se iban cosechando, con esta información de enfunde y cosecha por color de cinta se determinó el número de racimos descartado o perdidos en campo.



Función 3. Cálculo del peso potencial del racimo

En **República Dominicana** se realizaron dos evaluaciones en las mismas fincas (20 en total), con un periodo de separación de 4 meses. Se pesaron 10 racimos por finca, al momento de ingreso al área de empaque, es decir 400 racimo en total, y se registró el dato en kg empleando el siguiente formato (**Tabla 4**).

Tabla 4: Formato de recolección de datos para validar el peso potencial del racimo

	Fecha	
	Peso kg	Color cinta
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
Suma		
Promedio		
Peso más grande		
Peso más pequeño		

En **Colombia** para la validación del peso potencial de racimo se tomaron algunas parcelas por cada finca evaluada. Durante un periodo de 10 semanas consecutivas se registró el peso del racimo *in situ* cosechado en semana 10, 11 y 12 después del encintado. En total se registraron los pesos del racimo de 9 plantas/parcela/semana para completar 54 racimos procesados a la semana y un total de 540 racimos procesados en el periodo de evaluación. Simultáneamente en cada semana mediante la utilización de la aplicación °AHOra se registró el peso potencial del racimo en función de la biomasa calculada teniendo en cuenta la radiación captada. Al final del periodo de evaluación se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey para comparar el peso real del racimo vs peso estimado mediante la aplicación °AHOra y un análisis de varianza para comparar el peso real del racimo entre las parcelas evaluadas. Posteriormente, se realizó una regresión lineal y prueba de correlación de Pearson entre el peso real del racimo vs peso estimado con la aplicación °AHOra.

En **Perú** durante 5 semanas se evaluaron 15 racimos cosechados, en cada una de las tres fincas analizadas. Estas evaluaciones se realizaron en el centro de empaque, para lo cual se registró lo siguiente: Color de



cinta, N° de Semana del encinte y N° de Semana de cosecha, peso de racimos (kg) para esto se utilizó una balanza digital, Calibre del dedo central (mm) y Calibre del dedo de la mano apical (mm) con el uso de un vernier digital, y finalmente se registró el número de manos presentes y numero de manos que fueron eliminadas al inicio de desarrollo del racimo.

Función 4. Cálculos de la demanda de nutrientes

En **República Dominicana** se registraron los nutrientes aplicados por planta en los seis meses del periodo de evaluación. Se preguntaba a cada productor la cantidad y el tipo de fertilizante aplicado, para determinar la cantidad de nutrientes aplicados durante el periodo. Los datos se registraban en el formato que se presenta en la **Tabla 5**.

Se usa el balance de nutrientes para el cálculo de nutrientes aplicados durante el periodo

Kg/ha _____ N _____ P _____ K

Nutrientes para alcanzar producción potencial de la App °AHOra

Kg/ha _____ N _____ P _____ K

Nutrientes para cubrir salida actual de nutrientes a calcular en dos formas:

Población de plantas/ha * peso de racimo * tasa de retorno * proporción de año en el periodo entre dos abonadas.

Suma de racimos cosechados en el periodo y luego convertir a cálculo de salidas por hectárea

Tabla 5: Formato para la recolección de datos para la validación de la demanda de nutrientes

Mes	1	2	3	4
Semana				
Tipo de nutriente aplicado				
Cantidad nutrientes aplicado				

En **Colombia** para el proceso de validación se generó una recomendación utilizando la aplicación °AHOra en función de las toneladas cosechadas en tres rangos (38 t ha⁻¹, 42 t ha⁻¹ y 45t ha⁻¹) y se comparó con el plan de fertilización (nutricional) implementado en tres fincas seleccionadas en el departamento del Magdalena. Inicialmente, para la primera etapa de evaluación se realizó un análisis económico para cuantificar los gastos generados con cada metodología.

En **Perú** se realizó un seguimiento al productor sobre el uso de nutrientes en su parcela desde la semana 8 hasta la semana 30, en este procedimiento se registró la fuente de nutrientes y la fecha de aplicación realizada.



Función 5. Cálculo de las necesidades hídricas

En **República Dominicana** para evaluar si la humedad está limitando el potencial de la plantación, durante 4 meses se registraron datos sobre la frecuencia de riegos, el estado de humedad del suelo antes del riego mediante una evaluación cualitativa por parte del productor y el tipo de suelo. Se utilizó el siguiente formato (**Tabla 6**):

Tabla 6: Formato para evaluar la frecuencia de riegos

Riegos	Semana										
Evaluación riego*											
Suelo**											

*Evaluación de riego – mucho menos agua de la deseada, menos agua de la deseada, normal, más agua de la que se necesitaba.

**Estado del suelo antes del riego = muy seco, seco, algo húmedo, húmedo

En **Colombia** para la validación en las seis parcelas seleccionadas en la Zona Bananera del Magdalena se inició la programación del riego mediante la utilización de la aplicación °AHOra y en seis parcelas adicionales la implementación del riego por el método tradicional implementado por el productor, que consiste en turnos diarios de 1 hora.

En **Perú** se realizó un seguimiento a la frecuencia de riego desde la semana 8 hasta la semana 30, después de cada riego se evaluaba basado en tres Categorías: Tipo de riego (turno 0 no regué, 1 riego complementario, 2 turno, 3 ambos), Suelo antes de riego (1 muy seco, 2 seco, 3 algo húmedo, 4 húmedo) y Agua aplicada (1 mucho menos agua que deseado, 2 menos agua que deseado, 3 normal, 4 más agua que necesitaba). Con esta información más el tiempo de riego se podía caracterizar el turno máximo calculado.

Resultados y discusión

- **Función 1. Cálculo de la tasa potencial de emisión de hojas**

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 2**), por lo cual el aplicativo está estimando con una buena aproximación la tasa de emisión de las hojas en el cultivo de banano.

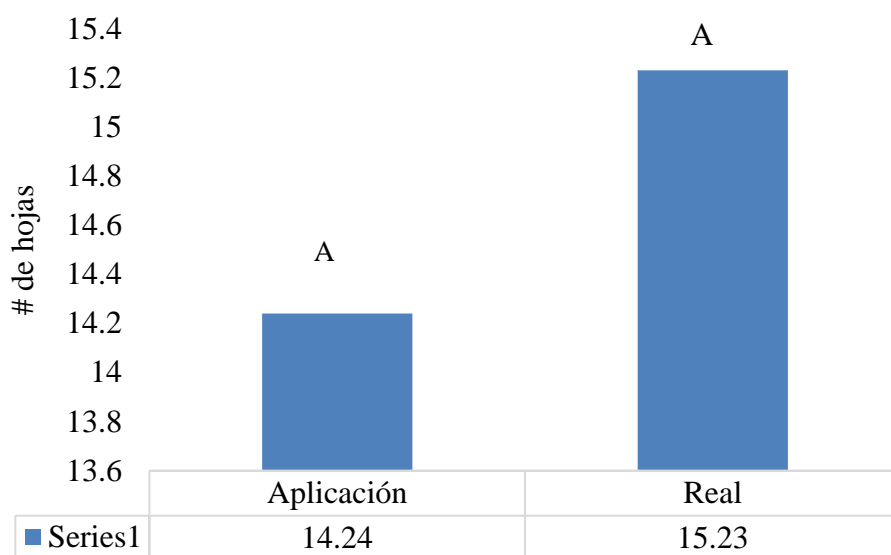


Figura 2. Prueba de comparación de medias (Tukey) para el número total de hojas emitidas durante el periodo de evaluación (14 semanas), entre el aplicativo y el valor real.

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 3**).



La tasa potencial de emisión de hojas real en promedio, en el periodo evaluado (entre marzo y julio, los meses de entrada de lluvias en año 2022), fue de una hoja cada 6,96 días, mientras la estimada con la aplicación 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.

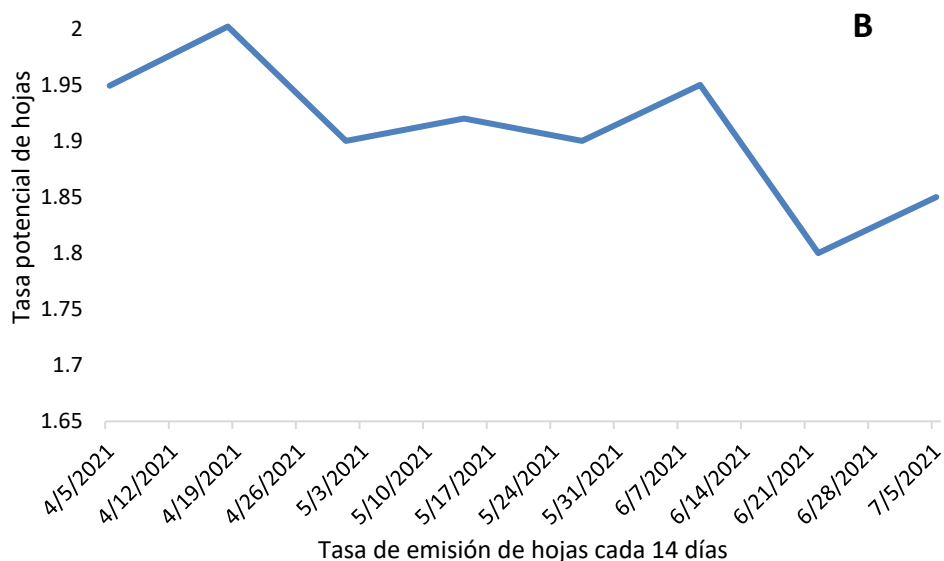
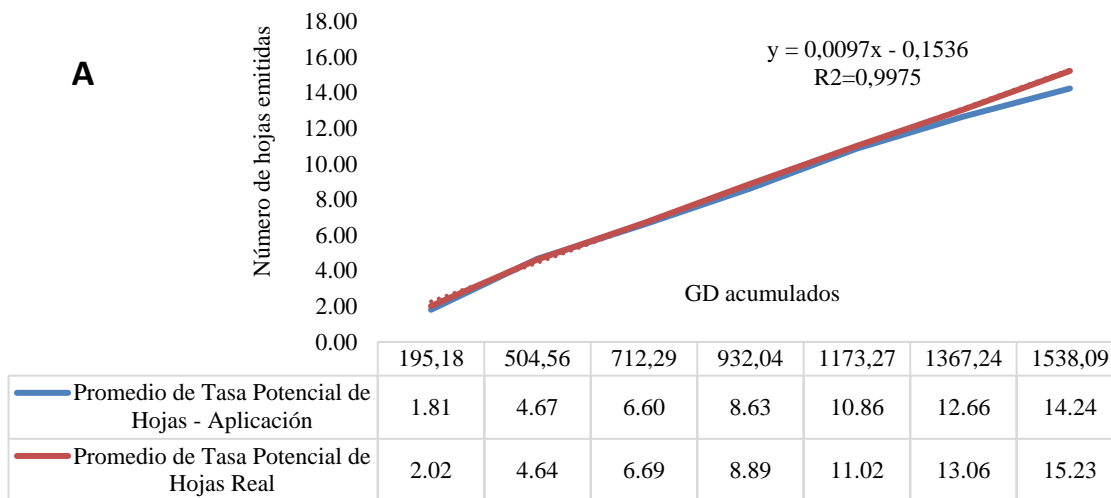


Figura 3. Tasa de emisión de hojas real en fincas de Colombia, A) Comparación entre tasa potencial de emisión de hojas reportado por la App y el real, en Colombia, B) Tasa de emisión de hojas cada 14 días.



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 4**). 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 5**).

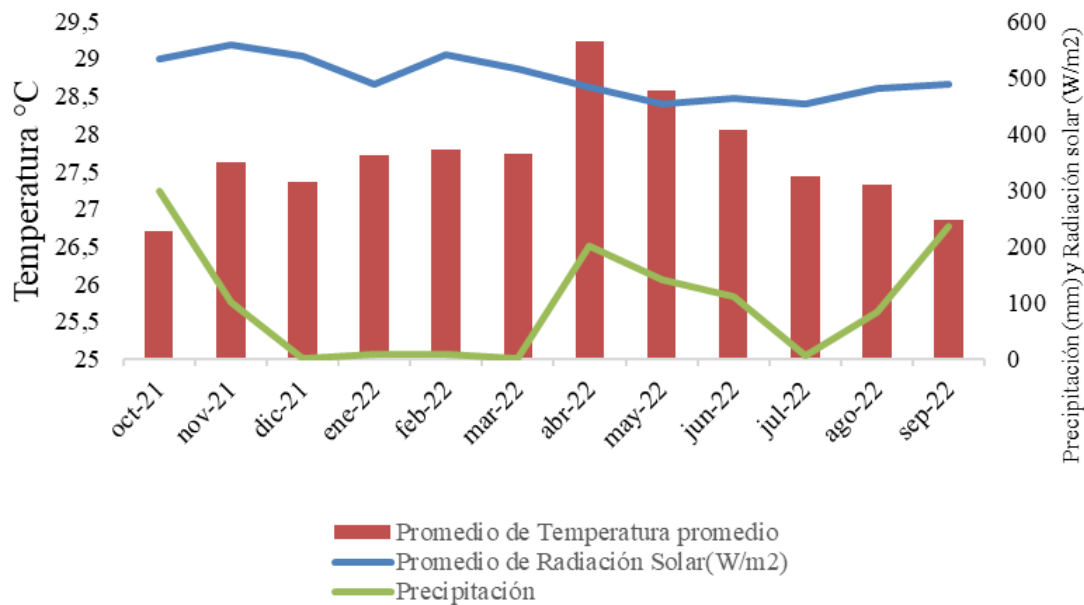


Figura 4: Temperatura del ambiente, radiación solar y precipitación promedio en el departamento del Magdalena.

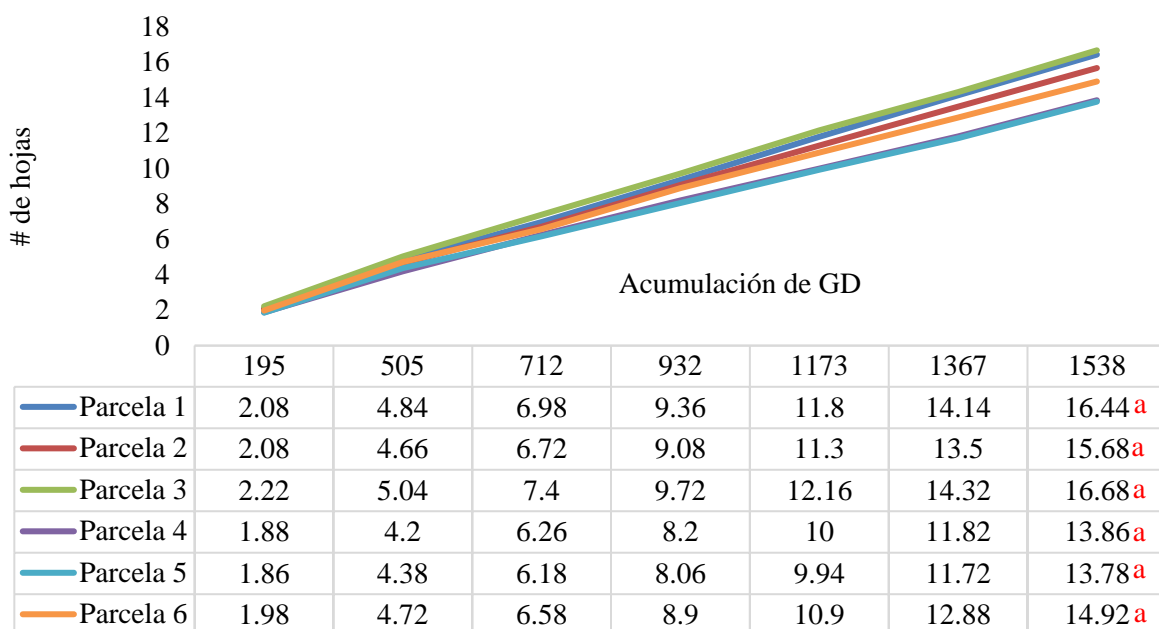


Figura 5. Comparación tasa real de hojas en seis parcelas evaluadas en la zona bananera del Magdalena.

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 6**).

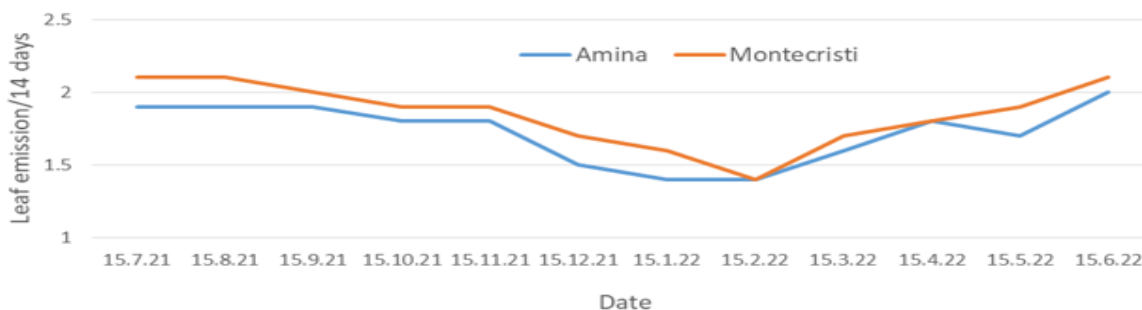


Figura 6: Caracterización mes a mes del potencial de emisión de hojas para dos zonas de producción



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 7**). 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 7**.

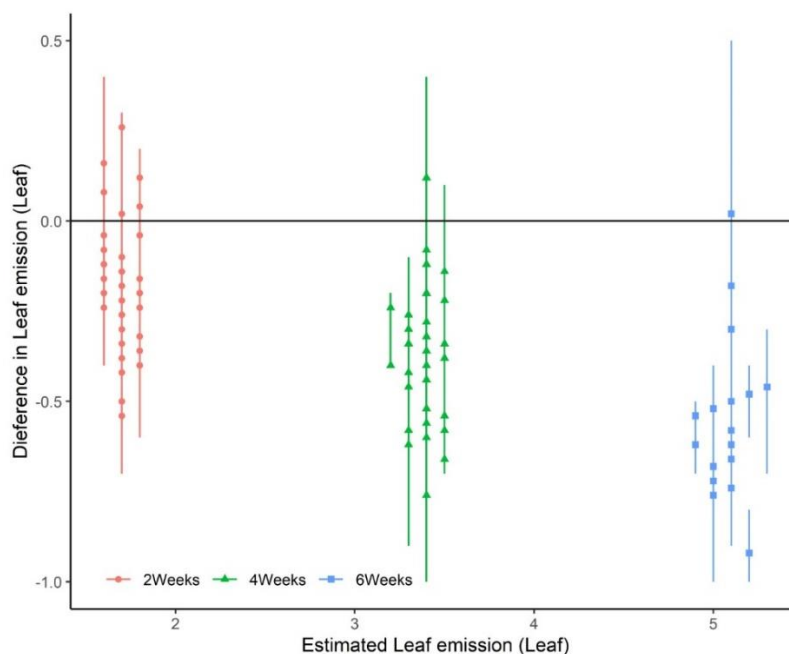


Figura 7: Contraste cálculos vs datos de campo



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 8**).

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 9**).

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.

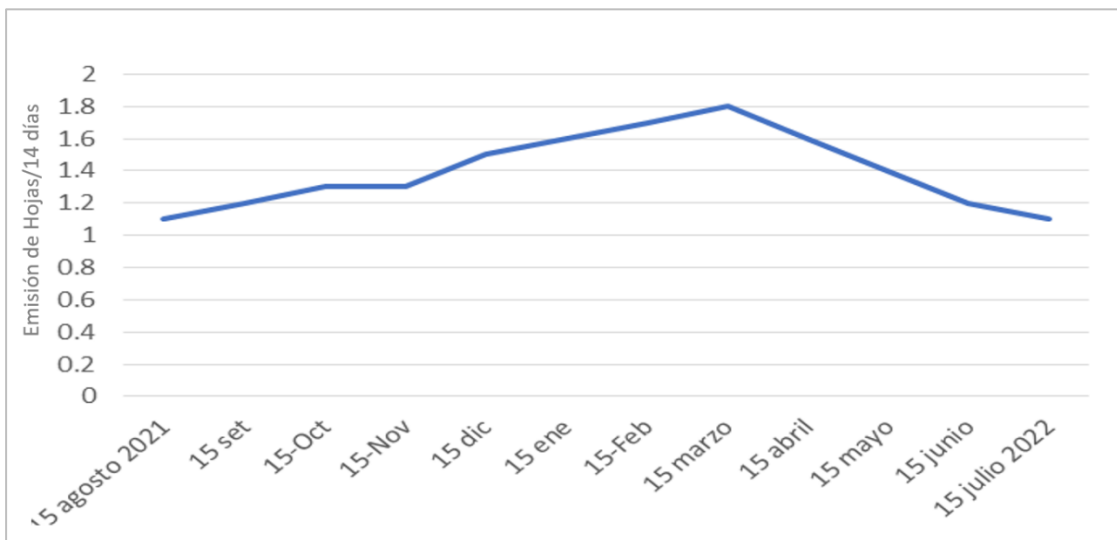


Figura 8: Caracterización mensual del potencial de Emisión de hojas

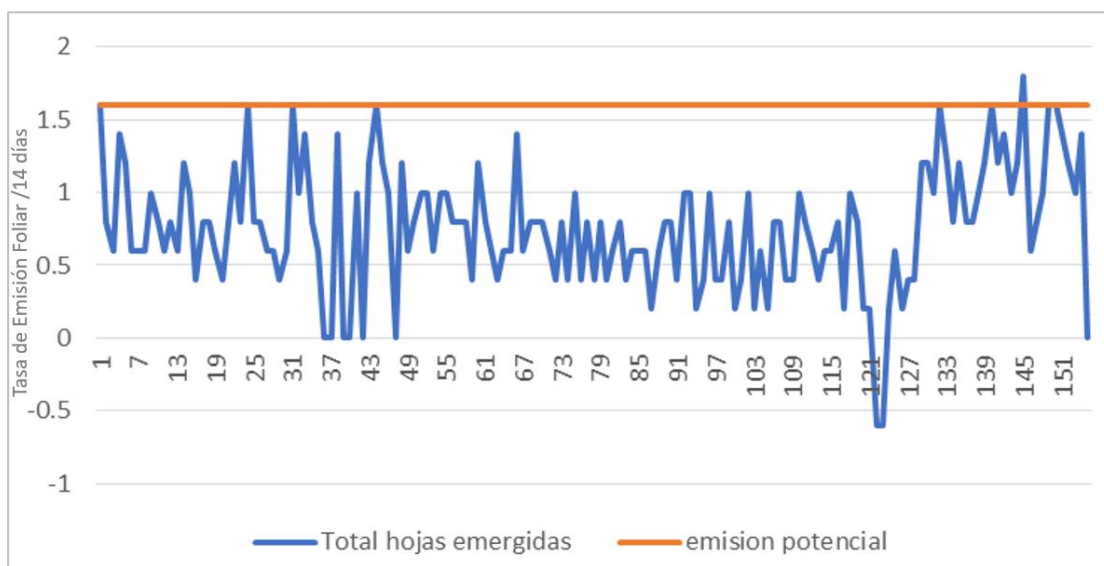


Figura 9: Caracterización de la Tasa de Emisión de Hojas a los 14 días terminando el 22 de abril

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 (Jullien et al 2008, Umber et al., 2011). 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 10**).

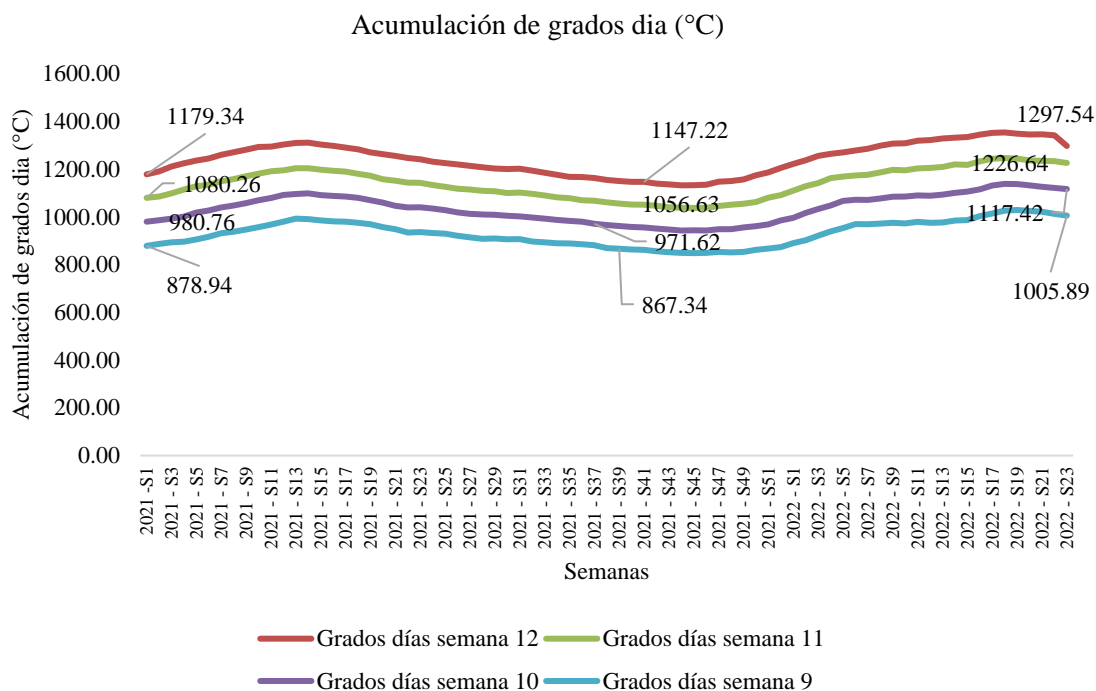


Figura 10. Acumulación de GD por la fruta de banano en zona bananera de Magdalena, en el periodo de enero de 2021 y diciembre de 2022.

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 11**).

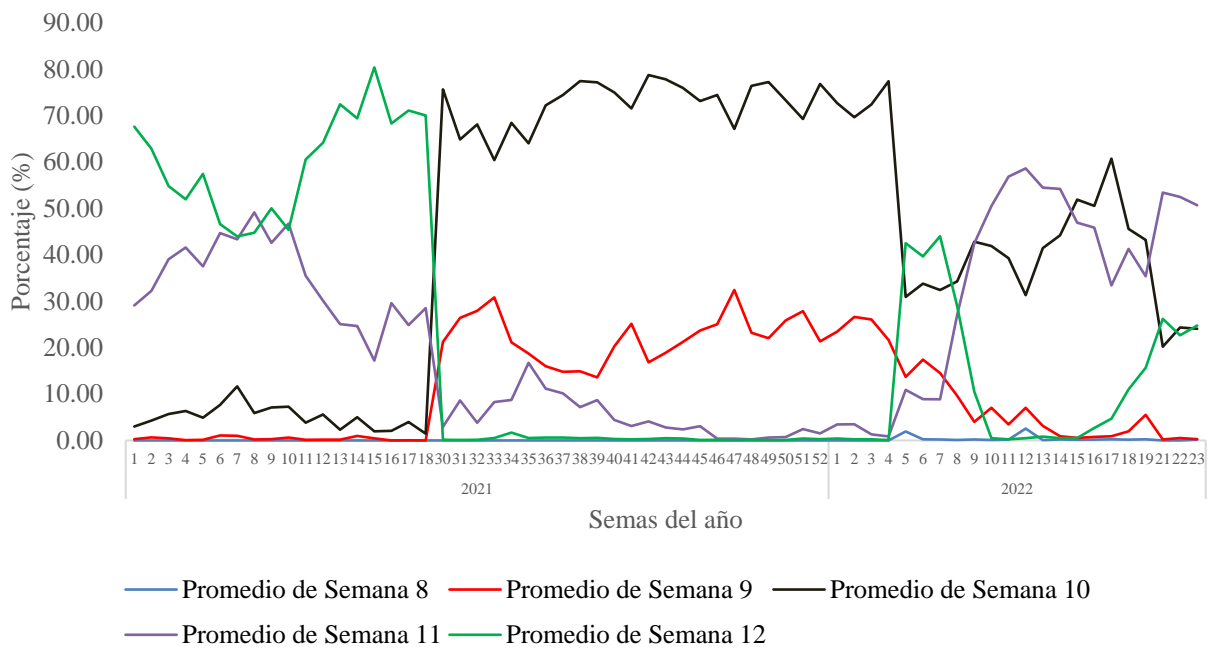


Figura 11. Semana promedio de cosecha implementado en seis parcelas experimentales de banano en el departamento del Magdalena.

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 12**). 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 cinta 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. En cuanto al período desde la floración hasta la cosecha del racimo (**Figura 13**), el 83 % de las cosechas se realizaron dentro del potencial calculado por el App y el 17 % restante cosechado antes del límite estimado de 900 grados por día. Este hecho no es sorprendente, dada la extrema vigilancia ejercida por las asociaciones comercializadoras 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.

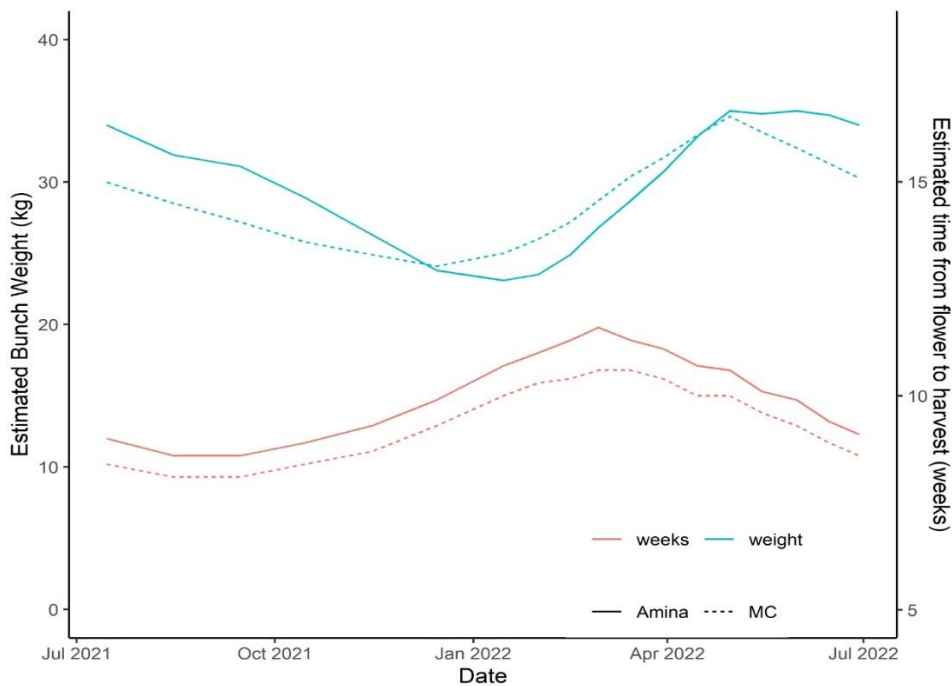


Figura 12. Potencial calculado por la App °AHOra para semanas de floración a cosecha (rojo) con escala a la derecha, y peso potencial del racimo (azul) para 2400 plantas/ha con escala a la izquierda, teniendo en cuenta dos estaciones meteorológicas de Línea Noroeste, República Dominicana

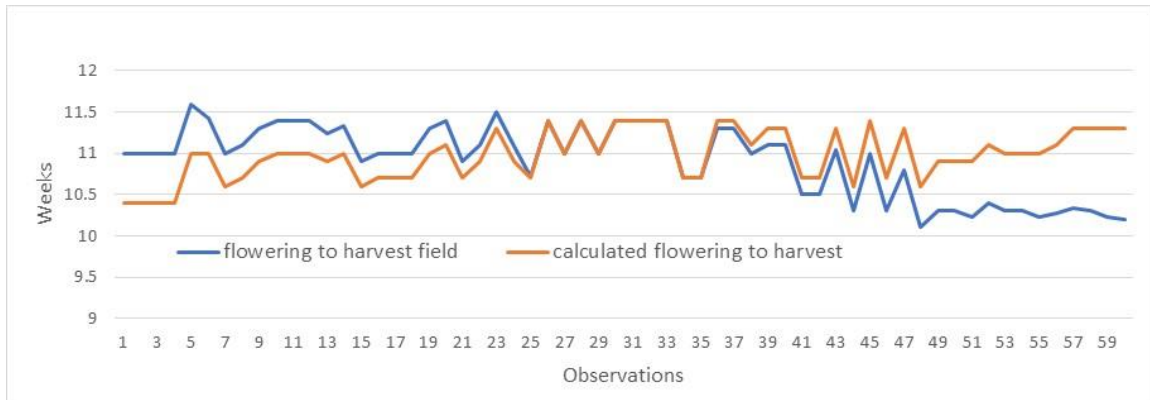


Figura 13. Potencial calculado versus datos de campo para el período desde la floración hasta la cosecha para tres fechas de cosecha sucesivas en 20 fincas bananeras en Línea Noroeste, República Dominicana

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 14**).

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 7**). 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 15**).

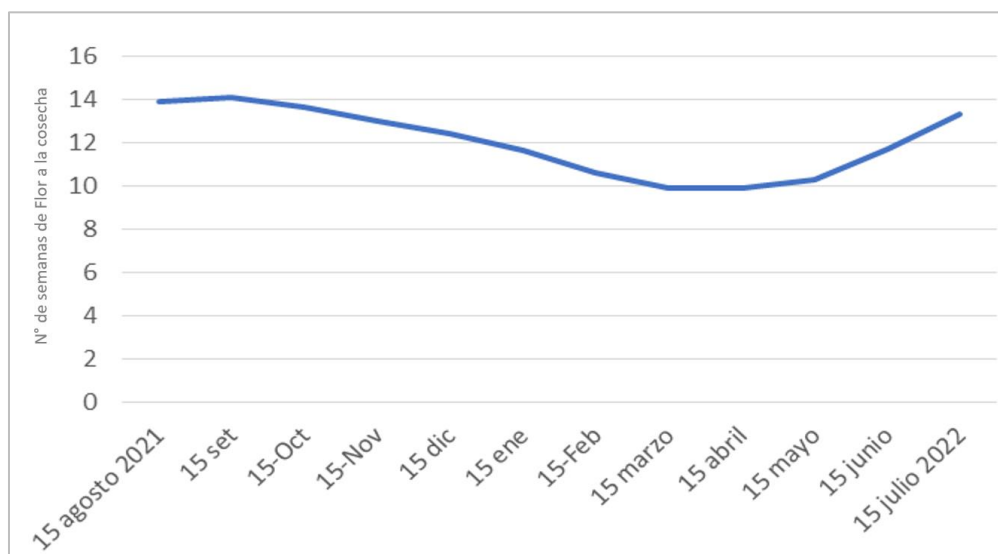


Figura 14: Caracterización mensual del potencial del periodo de Floración a Cosecha en Perú

Tabla 7: Calculo °AHOra vs campo– semanas flor 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			

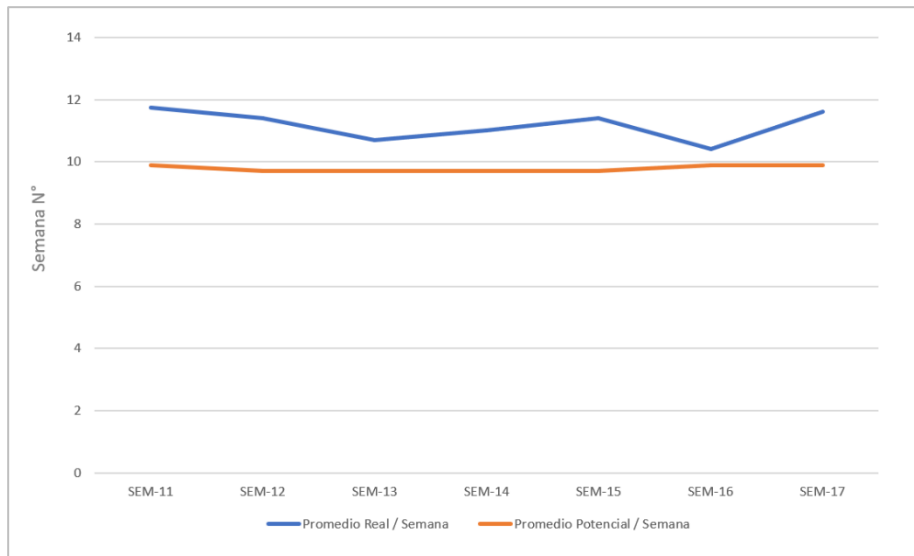


Figura 15: Periodo Potencial y Real de Floración a Cosecha

- **Función 3. Cálculo del peso potencial del racimo**

COLOMBIA

El peso del racimo cuantificada *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 8**).

Tabla 8. 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	20,61a	20,82 ^a
Peso estimado Aplicación °AHOra (kg)	19,73 ^a	19,85a	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 9**). 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 9. 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 16, 17 y 18**).

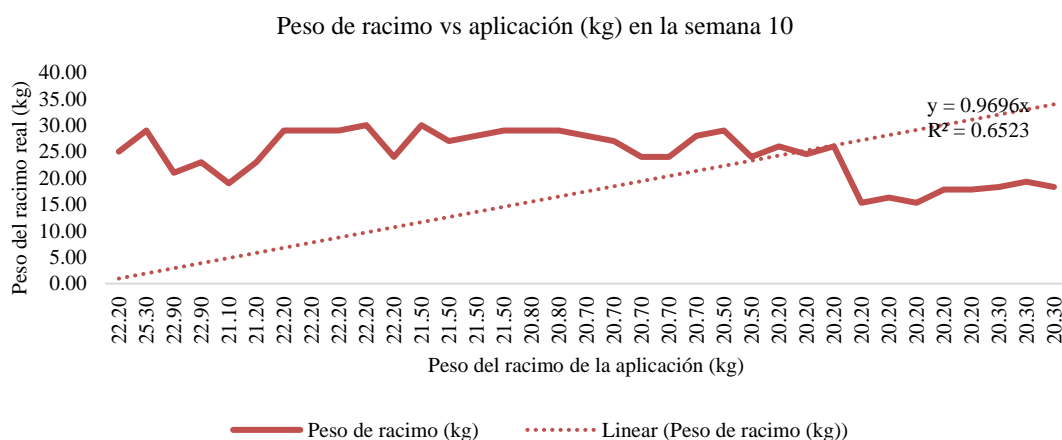


Figura 16. Correlación de Pearson entre el peso in situ del racimo cosechado en la semana 10 después del encintado vs el peso cuantificado con el uso de la aplicación °AHOra.

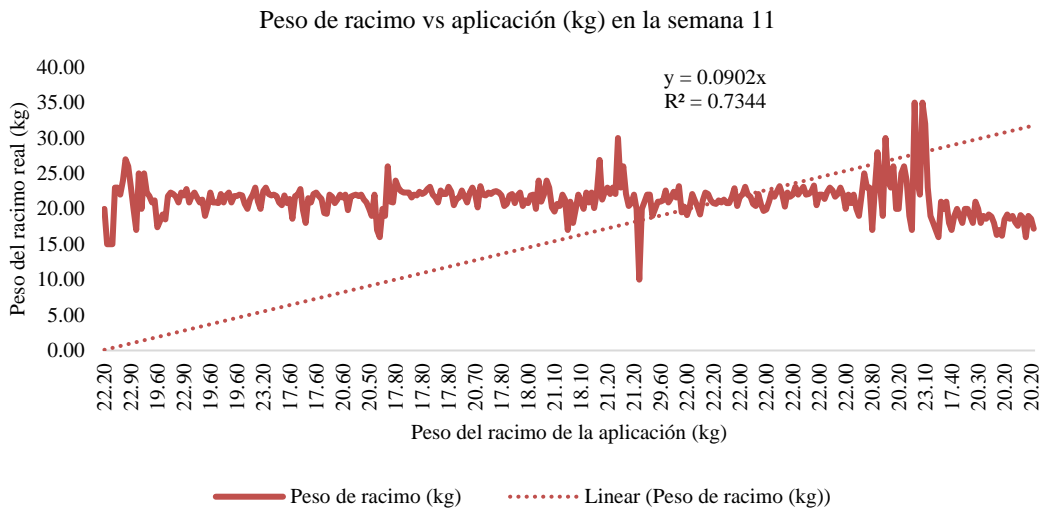


Figura 17. Correlación de Pearson entre el peso in situ del racimo cosechado en la semana 11 después del encintado vs el peso cuantificado con el uso de la aplicación °AHOra.

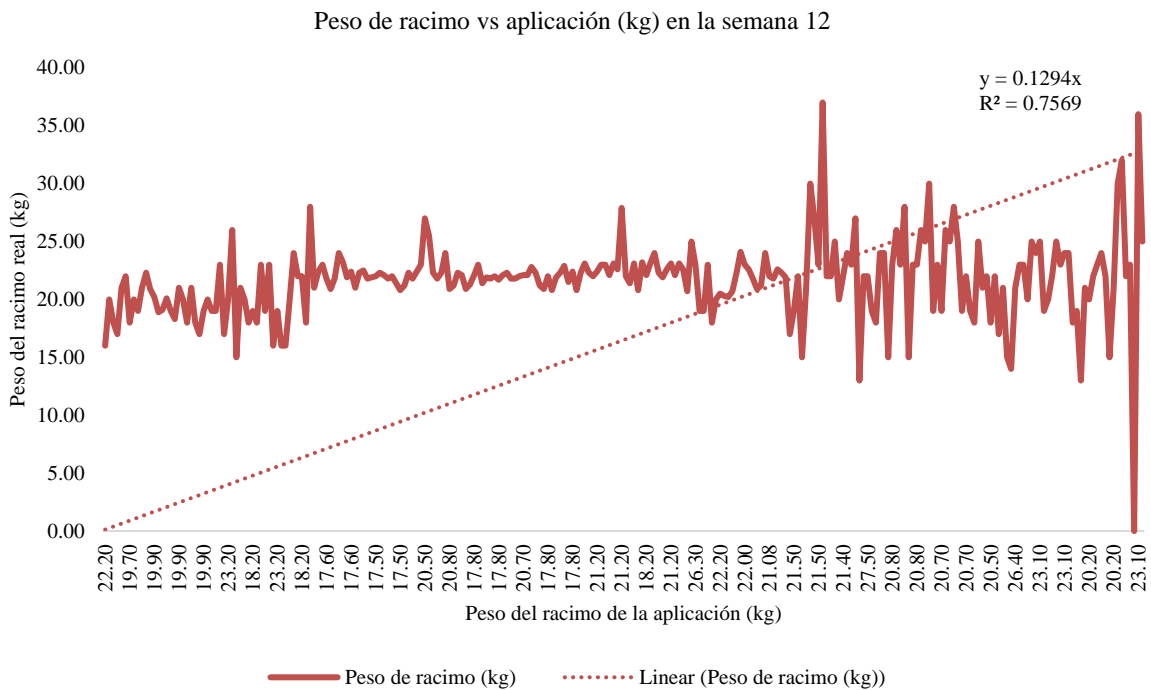


Figura 18. Correlación de Pearson entre el peso in situ del racimo cosechado en la semana 12 después del encintado vs el peso cuantificado con el uso de la aplicación °AHOra.



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 del campo. 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 (**Figura 12**).

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 19**). Siete racimos excedieron el potencial calculado. Cinco fincas tenían los 35 racimos superiores al 80% del potencial calculado (**Figura 20**).

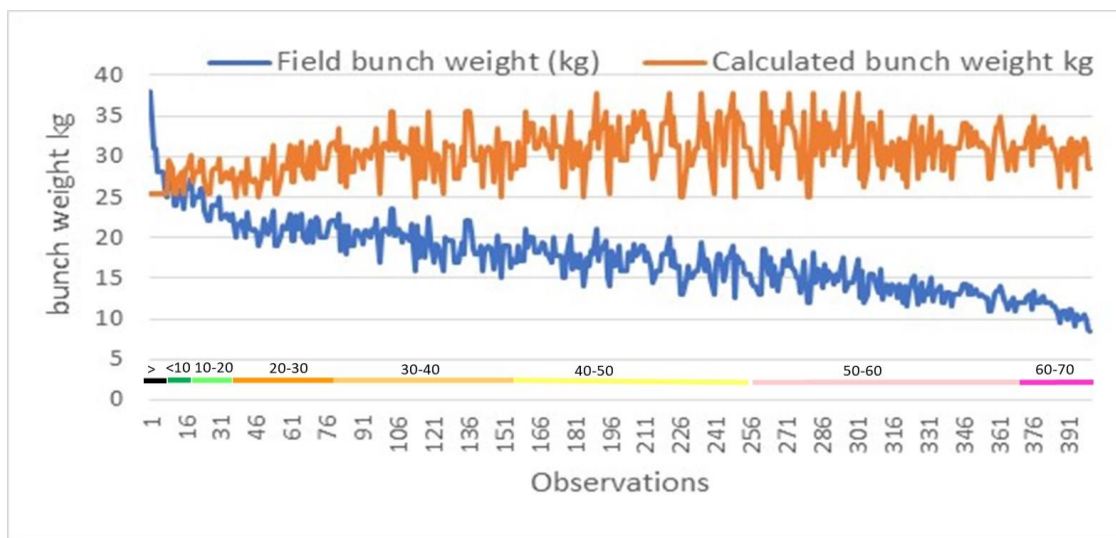


Figura 19: Peso del racimo registrado en campo y arrojado por la App °AHoRa en 20 fincas, en dos fechas de muestreo en cada finca.

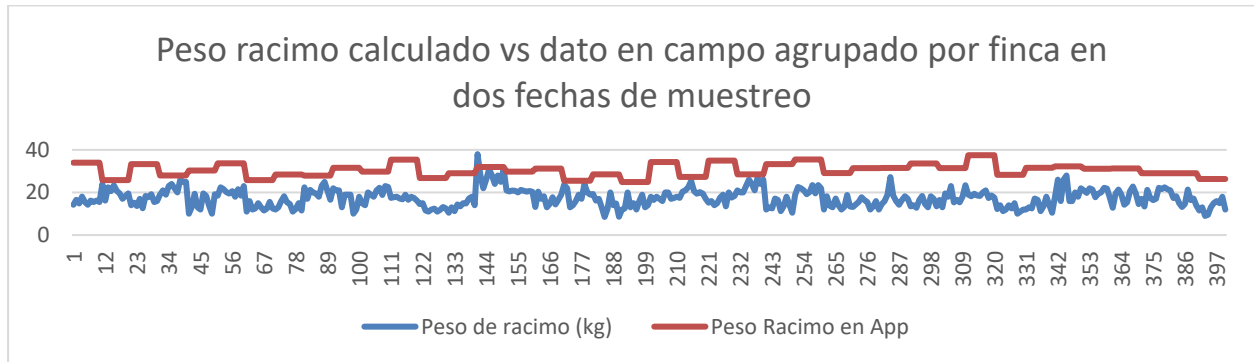


Figura 20: caracterización de potencial mes a mes durante el periodo 21 – 22. Contraste entre cálculo °AHoRa y datos de campo agrupados por finca y fecha de muestreo.

PERÚ

En el registro del peso potencial se observa que el peso promedio mensual de los racimos varió desde 23 a 45 kg (**Figura 21**). 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 22**).

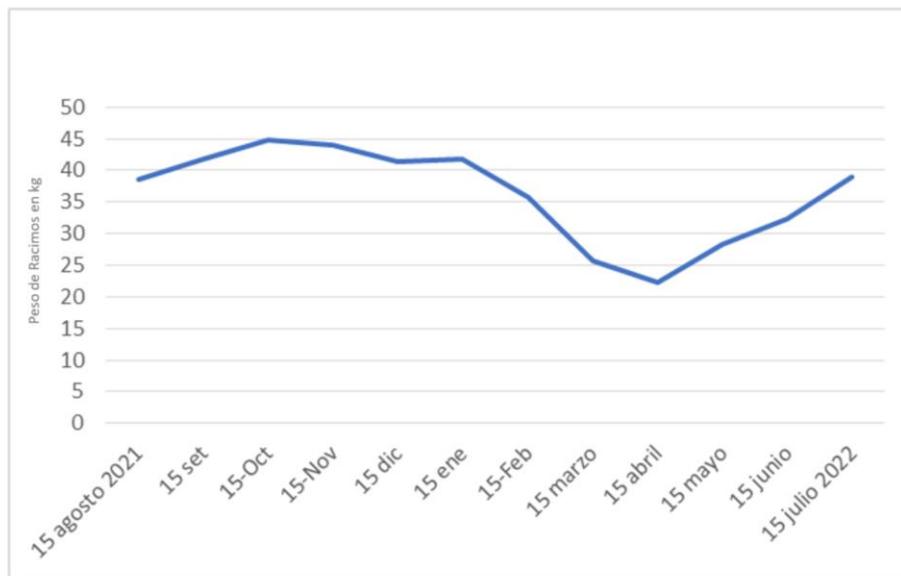


Figura 21: Caracterización mensual del peso potencial del racimo

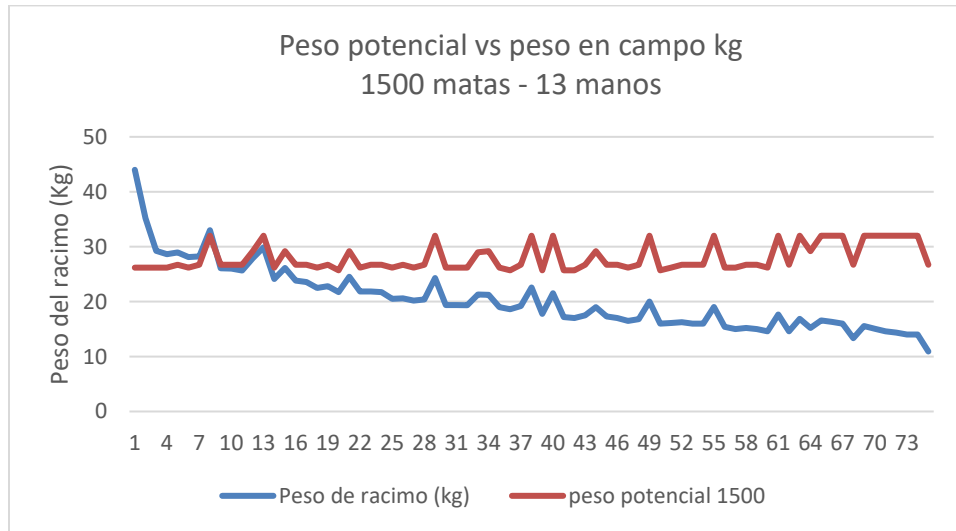


Figura 22: Contraste de Caracterización del peso potencial y real del racimo

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 10, 11 y 12**. Las cantidades de nutrientes a reponer en el suelo cambian en función de la productividad, siendo mayor las necesidades a mayor número de toneladas cosechadas.



Tabla 10. 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 11. 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 12. 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 (Es decir US1042 ha⁻¹) para adquisición de las fuentes de fertilizantes. En la actualidad el plan de fertilización implementado por los productores es el siguiente (**tabla 13**):

Tabla 13. Plan de fertilización 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 recomendada por la aplicación 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 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 14**).

Tabla 14. Comparación del plan de fertilización implementado por los productores en la zona bananera del Magdalena vs la proyección generada por la aplicación para alcanzar un rendimiento de 45 t ha⁻¹.

Fincas	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Productores Aplicación	348,855	73,325	554,075	80,47	43,475	67,95	2,078	7,874
°AHoRa	187,68	37,54	563,04	93,84	16,9	9,38	0,14	0,1
Ahorro (%)	46,2011	48,8033	1,618012	16,61489	61,1271	86,1957	93,2628	-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. 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 ≥ P ≥ 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.

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 15 y Figura 23**). 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 24 y 25**). 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.

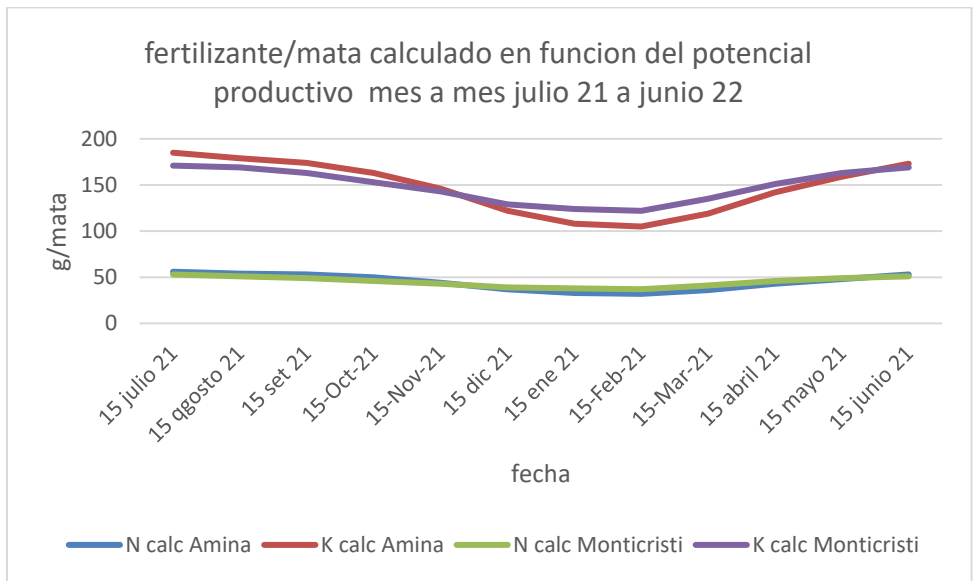


Figura 23: Caracterización mes a mes del potencial para dos zonas de producción

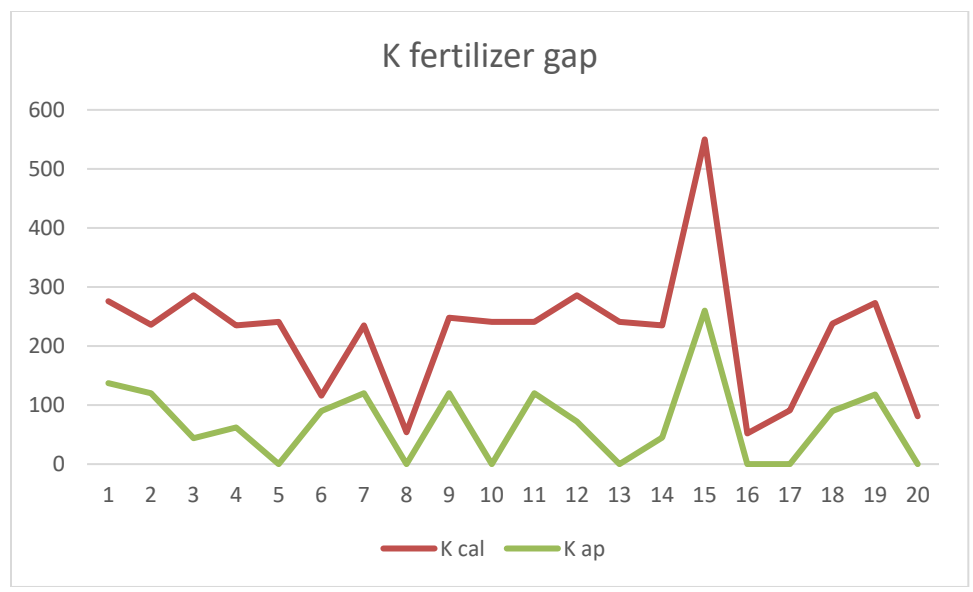


Figura 24: Contraste calculado versus dato tomado

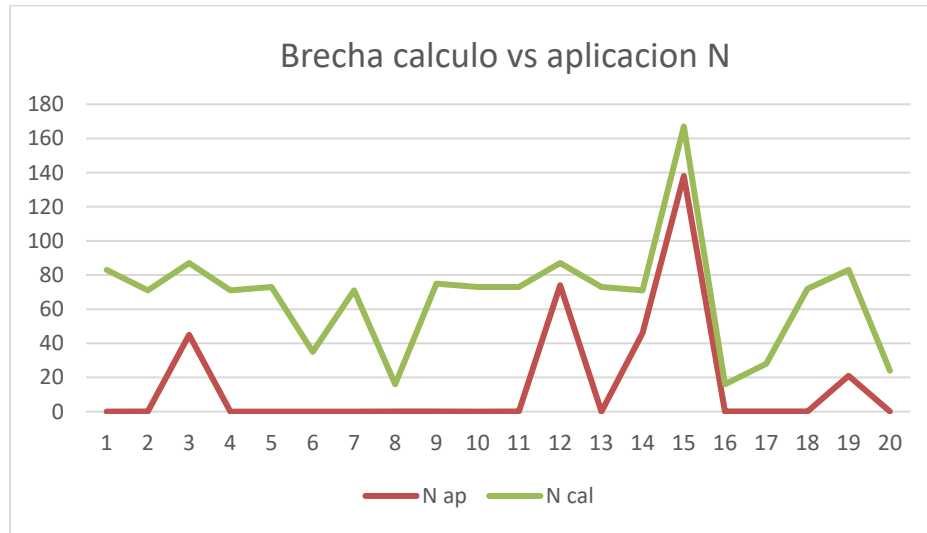


Figura 25: Brecha cálculo vs aplicación N

Tabla 15: Aplicaciones de nutrientes durante los primeros tres meses de 2022 informadas por las 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 calculado por la app, en base a racimos de peso potencial, se encuentra en valores superiores que el nitrógeno extraído (basado en peso de racimo actual, densidad de población y tasa de retorno de 1.1) y aplicado usando cantidades reportados por productores de las cuatro fincas estudiadas, hay una finca en la que el nitrógeno aplicado supera el potencial (**Figura 26**). En relación con el Potasio extraído y aplicado se mantiene por debajo de lo calculado por el aplicativo (**Figura 27**). Se considera que se requiere revisar los cálculos del aplicativo a fin de analizar y comparar con los datos registrados en campo.

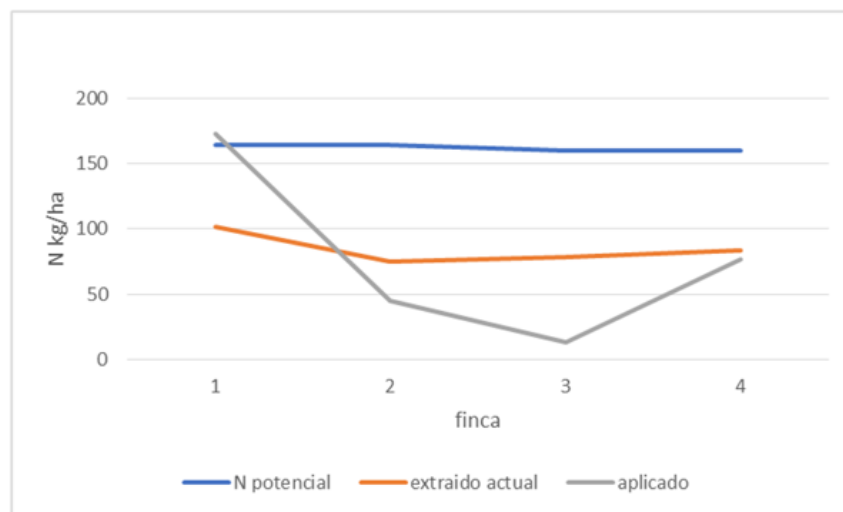


Figura 266: Contraste del Nitrógeno real y el calculado

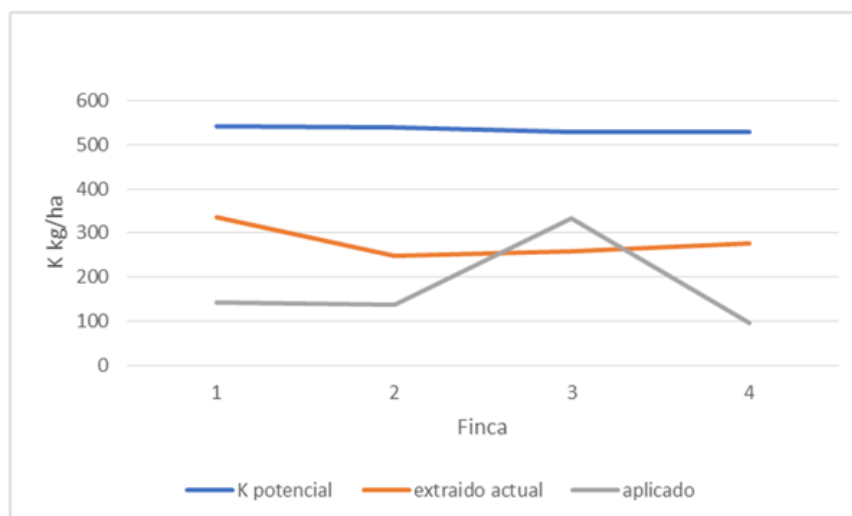


Figura 277: Contraste del Potasio real y el calculado

- **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 28**).

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 28. 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 16**). 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 29**). 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.

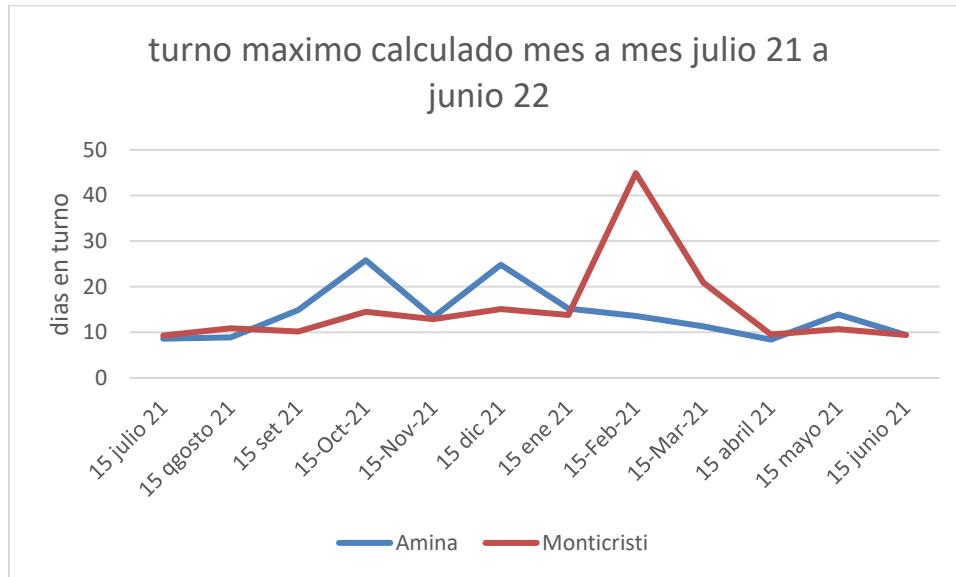


Figura 29: Caracterización mes a mes para dos zonas de producción de la frecuencia de riego en República Dominicana

Tabla 16: Frecuencia de riego y estimación visual de humedad de suelo previo al riego en 20 fincas en RD. Turno calculado por °AHoRa es 14 días al inicio del periodo y 10 días en las últimas semanas

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, pero en una forma poco creíble, sin tendencias por temporada y mostrando una semana en noviembre con un valor de 0 (**Figura 30**). 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 17**). 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.

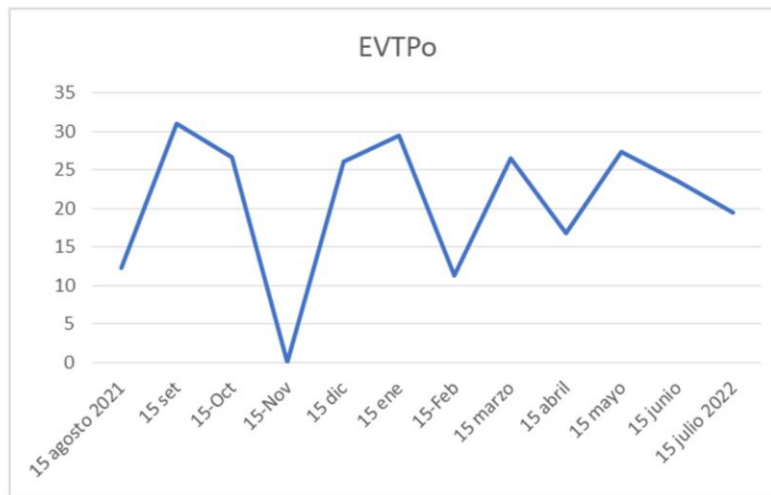


Figura 30: Calculo °AHoRa – EVTPo agosto 2021 a julio 2022



Tabla 17: Calculo °AHOra – Turno máximo versus Turno en campo

	feb		marzo			abril				mayo				junio			julio													
	semanas																													
numero de finca	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					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

Conclusiones

El proceso de validación del uso de la aplicación °AHOra generó datos para los cinco indicadores del aplicativo que se pudieron comparar con los datos de campo de productores. En los casos de Republica Dominicana y Perú, los indicadores del potencial fueron mayores a los valores de campo para tasa de emisión foliar y peso potencial del racimo. Los datos de campo mostraron una gran variabilidad con algunos datos con pocos valores cerca al potencial y muchos valores bastante por debajo. Los indicadores de nutrientes y riego igualmente fueron muy por debajo de los valores necesarios para alcanzar un crecimiento o productividad potencial. Muy pocos datos tuvieron valores por encima del potencial para emisión foliar y peso de racimo potencial, explicado por posibles problemas en el método de toma de datos, fechas o intervalos. El indicador - duración en semanas de floración a cosecha – mostró mucho menos variabilidad a nivel de campo como testimonio al trabajo realizado por las asociaciones de mercado quienes realizan diversas tareas para asegurar el calibre y estado de madurez de los bananos que entran a cajas. Como producto de la validación realizada, los siguientes ajustes fueron planteados para retomar en el ciclo de validación y escalamiento en componente 3:

- El coeficiente de extracción de nutrientes se propone reducir de 0.5 a 0.3, asegurando una mejor concordancia entre peso potencial de racimos y contenido de nutrientes;
- Inclusión de una segunda medición en duración de floración a cosecha – tasa de recuperación de cintas. Este dato de campo resalta posibles problemas con racimos que no alcanzan el calibre antes de llegar a un grado de madurez que no permite su exportación.



- Incorporación de sensores de humedad en un campo en los alrededores de cada estación meteorológica que refleja el turno de riego que representa la situación de los productores.
- Desarrollo de una escala descriptiva para la calificación visual cualitativa de humedad de suelo por parte del productor justo previo a la aplicación de riego.
- Graficas que permiten juntar los diferentes indicadores para cada finca a través del tiempo permitiendo un análisis más integral de la situación de la finca.
- Métodos de captura de datos de campo que permiten generar graficas de indicadores individuales e integrados semanalmente.

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.

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.



Referencia bibliográfica

- 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
- 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.
- 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.
- 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.). *Phyton* (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.
- FAOSTAT. (2021). Producción mundial de musáceas año 2019. [Consultado el 17 de abril de 2021]. URL: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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 Horticulture Amsterdam. 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.
- 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.



- Staver, C. Turmel, M., Siles, P., Mpiira, S., Bustamante, O., Calberto, G., Dita, M., Omondi, A. Alvarez, 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., Rujweka, 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.
- 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.
- 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 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.
- Turner, D.W., Lahav, E. (1983). The growth of banana plants in relation with temperature. *Aust. J. Plant Physiol.* 10, 43–53.
- 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

- Ejemplo base de datos de Republica Dominicana

		    																				
		Tomar todas las plantas de aproximadamente 4-5 meses de edad																				
Estacion	fecha de inicio	Planta	FINCA O PARCELA	Día 1- Fecha:				Día 14- Fecha:				Día 28- Fecha:				Día 42- Fecha:				Día 45- Fecha:		
				Fecha	Estado hoja candela	Número de hojas nuevas	Estado hoja candela	Total hojas emergidas 14 días	Fecha	Estado hoja candela	Número de hojas nuevas	Estado hoja candela	Total hojas emergidas 28 días	Fecha	Estado hoja candela	Número de hojas nuevas	Estado hoja candela	Total hojas emergidas 42 días	Proyección a 14 días App	Proyección a 28 días App	Proyección a 42 días App	
La Caída	mar-22	1	Tuendy Vargas	0.8	2	0.4	1.6	2	0.2	1.8	3.4	1	0.2	1	4.4	1.7	3.7	4.8				
				0.2	1	0.6	1.4	2	0.2	1.8	3.2	1	0.4	1.4	4.6							
				0	1	0.8	1.4	2	0.2	1.8	3.2	1	0.6	1.4	4.6							
				0.8	2	0.2	1.4	1	0.8	1.8	3.2	2	0.4	1.6	4.8							
Hatillo Palma	16/03/2022	1	Eloy Muñoz	0.6	2	0.2	1.4	2	0.2	1.6	3.2	2	0.4	1.6	4.6	1.7	3.2	4.8				
				0.8	2	0.4	1.6	2	0	1.4	3	1	0.8	1.8	4.8							
				0.8	2	0.4	1.6	2	0	1.6	3.2	1	0.4	1.4	4.6							
				0.8	2	0.2	1.4	2	0	1.8	3.2	1	0.6	1.6	4.8							
Juliana	16/03/2022	1	Ivan Peña	0.8	2	0.2	1.4	2	0.2	1.6	3.2	1	0.4	1.4	4.6	1.6	3.9	4.6				
				0.2	2	0	1.2	2	0	2	3.2	1	0.2	1.2	4.4							
				0.8	2	0	1.2	2	0	2	3.2	1	0.4	1.6	4.8							
				0.8	2	0.6	1.8	2	0	1.4	3.2	1	0.6	1.6	4.8							
Hatillo Palma	23/03/2022	1	Cornelio Santana	0.8	2	0.2	1.4	2	0.2	1.6	3.2	1	0.4	1.4	4.6	1.8	3.3	5				
				0.2	1	0.8	1.6	2	0.4	1.6	3.2	2	0.2	1.6	4.8							
				0.6	2	0.2	1.4	1	0.6	1.4	3	2	0.2	1.6	4.6							
				0.6	2	0.4	1.6	1	0.6	1.2	3	2	0.4	1.8	4.8							
Amina	31/03/2022	1	Danilo Perez	0.8	2	0.2	1.4	2	0.2	1.6	3.2	1	0.4	1.4	4.6	1.6	3.2	4.6				
				0.2	1	0.8	1.6	2	0.4	1.6	3.2	2	0.2	1.6	4.8							
				0.2	1	0.8	1.6	2	0.6	1.4	3	2	0	1.4	4.4							
				0.8	2	0.2	1.4	1	0.8	1.6	3	2	0.2	1.4	4.4							
Juliana	16/03/2022	1	Elido Tobias	0.8	2	0.4	1.6	2	0.8	1.4	3	2	0.4	1.6	4.6	1.6	3.1	4.6				
				0	1	0.6	1.6	2	0	1.4	3	1	0.4	1.4	4.4							
				0.4	2	0	1.6	1	0.4	1.4	3	2	0	1.6	4.6							
				0.4	2	0	1.6	1	0.4	1.4	3	2	0	1.6	4.6							
San Isidro	14/03/2022	1	Enrique Rodriguez	0	1	0.4	1.4	1	0.8	1.4	2.8	2	0.2	1.4	4.2	1.8	3	4.4				
				0.4	2	0.2	1.4	1	0.4	1.2	3	1	0.6	1.4	4.2							
				0.6	2	0.2	1.6	1	0.4	1.2	2.8	2	0	1.6	4.4							
				0.4	2	0.2	1.6	1	0.6	1.4	2.8	2	0	1.6	4.4							
Amina	14/03/2022	1	Erasmo Vasquez	0.8	2	0.2	1.4	1	0.6	1.4	2.8	2	0.2	1.6	4.4	1.6	3	4.4				
				0.6	2	0	1.6	2	0.2	1.2	2.8	1	0.6	1.4	4.2							
				0.2	1	0.8	1.6	2	0.2	1.2	2.8	1	0.6	1.4	4.2							
				0.4	2	0.2	1.6	1	0.6	1.4	3	2	0	1.4	4.4							
Amina	14/03/2022	1	Francisco Tines	0	1	0.6	1.6	2	0	1.4	3	1	0.2	1.2	4.2	1.6	3	4.4				
				0.4	2	0	1.6	2	0.2	1.4	3	1	0.8	1.4	4.4							
				0.4	2	0	1.6	1	0.4	1.4	3	1	0.8	1.4	4.4							
				0.8	2	0.2	1.4	1	0.8	1.4	3	2	0	1.4	4.4							
Amina	29/03/2022	1	Hipolito Payero	0.8	2	0.2	1.4	1	0.8	1.6	3	2	0.2	1.4	4.6	1.6	3.2	4.7				
				0	1	0.4	1.4	2	0	1.6	3	1	0.6	1.6	4.6							
				0.4	1	0.8	1.4	2	0.4	1.6	3	1	0.8	1.4	4.4							
				0.6	2	0	1.6	1	0.4	1.4	3	2	0	1.6	4.6							
Hatillo Palma	23/03/2022	1	José Gabriel Castillo	0.2	1	0.6	1.6	2	0	1.4	3	1	0.6	1.6	4.6	1.8	3.3	5				
				0.4	2	0.2	1.4	1	0.6	1.4	3.2	2	0.4	1.8	5							
				0.6	2	0.2	1.6	1	0.6	1.4	3	2	0.4	1.8	4.8							
				0.8	2	0.6	1.8	2	0	1.4	3.2	1	0.8	1.8	5							
Juliana	15/03/2022	1	Juan Francisco Martinez	0.4	2	0.2	1.6	1	0.8	1.4	3	2	0.8	1.4	4.4	1.6	3.1	4.5				
				0.4	2	0	1.6	2	0	1.4	3	1	0.4	1.4	4.4							
				0.8	2	0.4	1.6	2	0.2	1.4	3	1	0.4	1.2	4.2							
				0.6	2	0.4	1.6	2	0	1.2	2.8	1	0.6	1.6	4.4							
Hatillo Palma	23/03/2022	1	Maolis Vargas	0.2	1	0.6	1.6	1	0.6	1.4	3	2	0.2	1.6	4.6	1.8	3.3	5				
				0.2	1	0.6	1.4	2	0.4	1.8	3.2	2	0	1.6	4.8							
				0	1	0.6	1.6	2	0	1.4	3	1	0.8	1.8	4.8							
				0.2	1	0.8	1.6	1	0.8	1.6	3.2	2	0.4	1.6	4.8							
Amina	17/03/2022	1	Matias Vargas	0.8	2	0.4	1.6	1	0.8	1.4	3	2	0.2	1.4	4.4	1.6	3	4.5				
				0.2	1	0.6	1.4	2	0.2	1.6	3	1	0.4	1.2	4.2							
				0.8	2	0.4	1.6	1	0.8	1.4	3	2	0	1.2	4.2							
				0	1	0.4	1.4	2	0	1.6	3	1	0.4	1.4	4.4							
Amina	1/03/2022	1	Mildred Rodriguez	0.8	2	0	1.2	1	0.6	1.6	2.8	2	0	1.4	4.4	1.4	2.8	4.4				
				0.4	2	0	1.6	1	0.4	1.4	3	2	0	1.6	4.4							
				0.6	2	0	1.4	1	0.4	1.4	2.8	2	0	1.6	4.4							
				0.2	1	0.4	1.2	2	0	1.6	2.8	1	0.6	1.6	4.4							
La Caída	16/03/2022	1	Pedro Gomez	0.4	2	0	1.6	1	0.4	1.4	3	2	0	1.6	4.6	1.6	3.2	4.7				
				0.2	1	0.6	1.4	2	0.2	1.6	3	1	0.8	1.6	4.6							
				0.2	1	0.8	1.6	2	0.2	1.4	3	1	0.8	1.6	4.6							
				0.2	1	0.6	1.4	2	0	1.4	2.8	1	0.6	1.6	4.4							
La Caída	25/02/2022	1	Ramón Tejada	0.8	2	0.4	1.6	2	0.2	1.4	3	1	0.8	1.6	4.6	1.6	3	4.6				
				0.4	2	0.4	1.6	1	0.6	1.2	2.8	2	0.2	1.6	4.4							
				0.4	1	0.8	1.4	2	0.2	1.4	2.8	1	0.8	1.6	4.4							
				0	1	0.8	1.4	1	0.8	1.4	3	2	0.2	1.4	4.4							
San Isidro	10/03/2022	1	Ramón Tronquillo	0.6	1	0.2	1.4	1	0.6	1.4	3	1	0.8	1.2	4.2	1.7	3	5.1				
				0.2	1	0.8	1.6	2	0.2	1.4	3	2	0.2	2	5							
				0	1	0.6	1.6	2	0	1.4	3	2	0	2	5							
				0.2	1	0.8	1.6	2	0	1.2	2.8	2	0	2	5							
La Caída	7/03/2022	1	Richard Nuñez	0.8	2	0.4	1.6	1	0.8	1.4	2.8	1	0.6	1.8	4.8	1.5	3.1	4.6				
				0	1	0.6	1.6	2	0.2	1.6	3	2	0	1.4	4.6							
				0	1	0.8	1.8	2	0.4	1.8	3	2	0.4	2	5							
				0	1	0.6	1.6	1	0.6	1.4	2.8	2	0.4	1.6	4.6							
Hatillo Palma	23/03/2022	1	Sonia Cruz	0.8	2	0.2	1.4	1	0.8	1.6	3	2	0.6	1.8	4.8	1.8	3.3	5				
				0.6	2	0	1.6	1	0.8	1.8	3	2	0.4	1.6	4.6							

- Ejemplo base de datos Colombia

Planta	FINCA O PARCELA	Día 0-Fecha:		Día 1-Fecha:					Día 15-Fecha:				
		Fecha: 23/03/2022		Fecha: 4/04/2022					Fecha: 25/04/2022				
		Estado hoja candela	Número de Hojas Nuevas	Número de hojas nuevas	Estado hoja candela	Total hojas emergidas	GD	Total hojas aplicación	Número de hojas nuevas	Estado hoja candela	Total hojas emergidas	GD	Total hojas aplicación
1	San Rafael	0,00	6,00	8,00	2,00	2,20	195,18	1,81	10,00	6,00	2,60	504,56	2,86
2	San Rafael	4,00	8,00	10,00	2,00	2,20	195,18	1,81	12,00	8,00	2,80	504,56	2,86
3	San Rafael	0,00	5,00	7,00	0,00	2,00	195,18	1,81	9,00	8,00	2,80	504,56	2,86
4	San Rafael	2,00	11,00	12,00	6,00	1,60	195,18	1,81	14,00	8,00	2,80	504,56	2,86
5	San Rafael	2,00	6,00	7,00	8,00	1,80	195,18	1,81	10,00	0,00	3,00	504,56	2,86
6	San Rafael	6,00	8,00	9,00	8,00	1,80	195,18	1,81	11,00	6,00	2,60	504,56	2,86
7	San Rafael	0,00	3,00	5,00	4,00	2,40	195,18	1,81	8,00	0,00	3,00	504,56	2,86
8	San Rafael	4,00	5,00	7,00	4,00	2,40	195,18	1,81	9,00	6,00	2,60	504,56	2,86
9	San Rafael	4,00	7,00	9,00	0,00	2,00	195,18	1,81	11,00	8,00	2,80	504,56	2,86
10	San Rafael	2,00	9,00	11,00	4,00	2,40	195,18	1,81	13,00	6,00	2,60	504,56	2,86
11	San Rafael	6,00	8,00	10,00	4,00	2,40	195,18	1,81	13,00	0,00	3,00	504,56	2,86
12	San Rafael	4,00	8,00	9,00	8,00	1,80	195,18	1,81	12,00	2,00	3,20	504,56	2,86
13	San Rafael	4,00	5,00	7,00	0,00	2,00	195,18	1,81	9,00	8,00	2,80	504,56	2,86
14	San Rafael	2,00	11,00	12,00	8,00	1,80	195,18	1,81	14,00	6,00	2,60	504,56	2,86
15	San Rafael	2,00	11,00	13,00	2,00	2,20	195,18	1,81	14,00	8,00	1,80	504,56	2,86
16	San Rafael	4,00	10,00	12,00	4,00	2,40	195,18	1,81	15,00	2,00	3,20	504,56	2,86
17	San Rafael	2,00	12,00	13,00	8,00	1,80	195,18	1,81	14,00	8,00	1,80	504,56	2,86
18	San Rafael	6,00	8,00	10,00	2,00	2,20	195,18	1,81	11,00	8,00	1,80	504,56	2,86
19	San Rafael	2,00	10,00	11,00	8,00	1,80	195,18	1,81	13,00	6,00	2,60	504,56	2,86
20	San Rafael	4,00	8,00	10,00	4,00	2,40	195,18	1,81	13,00	0,00	3,00	504,56	2,86
21	San Rafael	4,00	6,00	8,00	2,00	2,20	195,18	1,81	10,00	6,00	2,60	504,56	2,86
22	San Rafael	4,00	8,00	10,00	4,00	2,40	195,18	1,81	12,00	8,00	2,80	504,56	2,86
23	San Rafael	4,00	6,00	8,00	0,00	2,00	195,18	1,81	10,00	6,00	2,60	504,56	2,86
24	San Rafael	2,00	5,00	7,00	4,00	2,40	195,18	1,81	10,00	0,00	3,00	504,56	2,86
25	San Rafael	0,00	8,00	10,00	2,00	2,20	195,18	1,81	12,00	6,00	2,60	504,56	2,86
26	San Rafael	2,00	11,00	13,00	4,00	2,40	195,18	1,81	15,00	8,00	2,80	504,56	2,86
27	San Rafael	6,00	4,00	6,00	2,00	2,20	195,18	1,81	9,00	2,00	3,20	504,56	2,86
28	San Rafael	2,00	11,00	12,00	8,00	1,80	195,18	1,81	14,00	8,00	2,80	504,56	2,86
29	San Rafael	2,00	10,00	12,00	2,00	2,20	195,18	1,81	14,00	8,00	2,80	504,56	2,86
30	San Rafael	2,00	8,00	10,00	4,00	2,40	195,18	1,81	13,00	0,00	3,00	504,56	2,86
1	Corodoba Bis	2,00	10,00	11,00	6,00	1,60	195,18	1,81	13,00	8,00	2,80	504,56	2,86
2	Corodoba Bis	6,00	8,00	9,00	8,00	1,80	195,18	1,81	9,00	2,00	0,20	504,56	2,86
3	Corodoba Bis	2,00	5,00	7,00	0,00	2,00	195,18	1,81	9,00	6,00	2,60	504,56	2,86
4	Corodoba Bis	2,00	6,00	8,00	0,00	2,00	195,18	1,81	10,00	4,00	2,40	504,56	2,86
5	Corodoba Bis	4,00	4,00	6,00	0,00	2,00	195,18	1,81	8,00	4,00	2,40	504,56	2,86
6	Corodoba Bis	2,00	5,00	7,00	0,00	2,00	195,18	1,81	9,00	6,00	2,60	504,56	2,86
7	Corodoba Bis	6,00	6,00	7,00	8,00	1,80	195,18	1,81	9,00	6,00	2,60	504,56	2,86
8	Corodoba Bis	2,00	4,00	5,00	8,00	1,80	195,18	1,81	7,00	6,00	2,60	504,56	2,86
9	Corodoba Bis	6,00	9,00	11,00	2,00	2,20	195,18	1,81	13,00	4,00	2,40	504,56	2,86
10	Corodoba Bis	8,00	8,00	9,00	6,00	1,60	195,18	1,81	11,00	6,00	2,60	504,56	2,86
11	Corodoba Bis	2,00	4,00	6,00	0,00	2,00	195,18	1,81	8,00	2,00	2,20	504,56	2,86
12	Corodoba Bis	2,00	10,00	11,00	8,00	1,80	195,18	1,81	13,00	8,00	2,80	504,56	2,86
13	Corodoba Bis	0,00	10,00	11,00	4,00	1,40	195,18	1,81	13,00	8,00	2,80	504,56	2,86
14	Corodoba Bis	0,00	5,00	6,00	6,00	1,60	195,18	1,81	8,00	4,00	2,40	504,56	2,86
15	Corodoba Bis	4,00	7,00	8,00	8,00	1,80	195,18	1,81	10,00	2,00	2,20	504,56	2,86
16	Corodoba Bis	6,00	9,00	10,00	8,00	1,80	195,18	1,81	12,00	6,00	2,60	504,56	2,86
17	Corodoba Bis	6,00	8,00	10,00	0,00	2,00	195,18	1,81	12,00	4,00	2,40	504,56	2,86
18	Corodoba Bis	0,00	8,00	10,00	4,00	2,40	195,18	1,81	12,00	8,00	2,80	504,56	2,86
19	Corodoba Bis	6,00	8,00	9,00	8,00	1,80	195,18	1,81	11,00	4,00	2,40	504,56	2,86
20	Corodoba Bis	2,00	6,00	8,00	0,00	2,00	195,18	1,81	10,00	6,00	2,60	504,56	2,86
21	Corodoba Bis	8,00	4,00	6,00	2,00	2,20	195,18	1,81	8,00	8,00	2,80	504,56	2,86
22	Corodoba Bis	0,00	12,00	13,00	6,00	1,60	195,18	1,81	15,00	6,00	2,60	504,56	2,86
23	Corodoba Bis	6,00	9,00	10,00	8,00	1,80	195,18	1,81	12,00	8,00	2,80	504,56	2,86
24	Corodoba Bis	8,00	8,00	9,00	6,00	1,60	195,18	1,81	11,00	4,00	2,40	504,56	2,86
25	Corodoba Bis	8,00	10,00	12,00	2,00	2,20	195,18	1,81	15,00	6,00	3,60	504,56	2,86
26	Corodoba Bis	6,00	5,00	7,00	6,00	2,60	195,18	1,81	9,00	4,00	2,40	504,56	2,86
27	Corodoba Bis	8,00	10,00	12,00	4,00	2,40	195,18	1,81	14,00	8,00	2,80	504,56	2,86
28	Corodoba Bis	4,00	7,00	8,00	6,00	1,60	195,18	1,81	10,00	6,00	2,60	504,56	2,86
29	Corodoba Bis	6,00	5,00	7,00	0,00	2,00	195,18	1,81	9,00	6,00	2,60	504,56	2,86
30	Corodoba Bis	2,00	7,00	8,00	8,00	1,80	195,18	1,81	10,00	8,00	2,80	504,56	2,86



Instituciones participantes



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org