

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

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

**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 Directores Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por William Ipanaqué, Iván Belupú, Carlos Estrada, Ernesto Paiva, Jorge Neyra, Jean Campos – Universidad de Piura; Martha M. Bolaños-Benavides, Marlon J. Yacomelo H., Carmen Lorena Chavarro Rodríguez – AGROSAVIA; Juan Carlos Rojas – INIA Perú; Domingo Rengifo – IDIAF República Dominicana; 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**

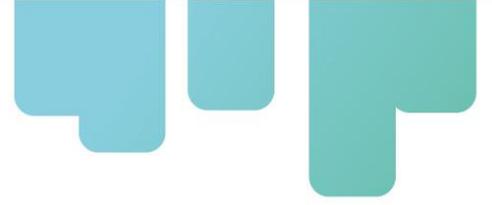
Correo electrónico: [fontagro@fontagro.org](mailto:fontagro@fontagro.org)

[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)



# Tabla de Contenidos

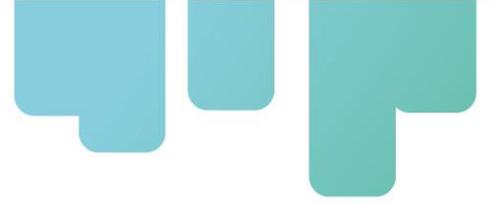
<b>Resumen</b> .....	<b>4</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>5</b>
<b>Acceso al aplicativo móvil</b> .....	<b>7</b>
<b>Pantalla de inicio</b> .....	<b>8</b>
<b>Menú</b> .....	<b>8</b>
<b>1. Número de hojas</b> .....	<b>9</b>
<b>Detalles acerca del funcionamiento</b> .....	<b>10</b>
<b>2. Indicadores de cultivo</b> .....	<b>12</b>
<b>Detalles acerca del funcionamiento</b> .....	<b>15</b>
<b>3. Biomasa</b> .....	<b>19</b>
<b>Detalles acerca del funcionamiento</b> .....	<b>20</b>
<b>4. Nutrientes</b> .....	<b>22</b>
<b>Detalles acerca del funcionamiento</b> .....	<b>23</b>
<b>5. Necesidad hídrica</b> .....	<b>25</b>
.....	<b>28</b>
<b>Referencias Bibliográficas</b> .....	<b>30</b>
<b>Instituciones participantes</b> .....	<b>31</b>



## Resumen

El proyecto °AHOra, financiado por FONTAGRO y ejecutado por AGROSAVIA, el IDIAF de República Dominicana, la Universidad de PIURA y el INIA de Perú, tiene por objetivo generar una aplicación web-móvil denominada °AHOra, que permita mejorar la planificación y toma de decisiones de prácticas agronómicas en plantaciones de musáceas (plátano y banano) frente a la variabilidad climática, con especial referencia en la agricultura familiar de productores de Colombia, Perú y República Dominicana. Con el fin de familiarizar al usuario con las funciones que presta la aplicación °AHOra y de brindar una guía básica para su uso, el presente documento es un manual de uso básico de la aplicación en su versión Demo, la cual permite conocer las cinco (5) funciones que la aplicación brindará y que corresponde a cálculos sobre: 1) tasa potencial de emisión de hojas, 2) tiempo promedio de floración a cosecha, 3) peso potencial del racimo, 4) estimación de los nutrientes que deben ser restituidos al suelo luego de la cosecha, y 5) estimación de las necesidades hídricas del cultivo para aplicar riego.

**Palabras Clave:** Aplicativo web, musáceas, manual de usuarios.

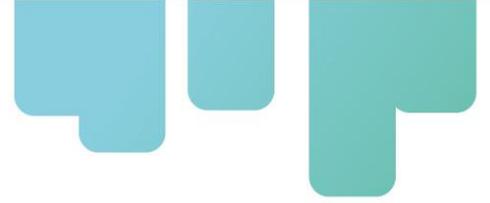


## Introducción

Uno de los principales retos de la agricultura es aumentar la resiliencia de los sistemas agropecuarios frente a los múltiples riesgos relacionados con la variabilidad y el cambio climático (IICA, 2015). Particularmente en el cultivo de banano, la variación de los niveles óptimos de temperatura, precipitación y humedad relativa, afectan el desarrollo del cultivo e impactan directamente el rendimiento y la productividad (Távora, 2020). Cuando el cultivo permanece con estrés por calor (temperatura por arriba de 35°C) o estrés por frío (por debajo de 15°C), se afecta la emergencia de las flores y el llenado del racimo (Higuera, 2015). Además, los cambios de temperatura propician el desarrollo de plagas y enfermedades como la Sigatoka, mancha negra y otras plagas (Guarín, 2011; Yela *et al.*, 2016;). Por otro lado, con períodos de humedad subóptima del suelo, se disminuye la tasa de emergencia de las hojas y se afecta el tamaño de racimo (durante o después de la floración) (Higuera, 2015).

A pesar de la importancia de los factores abióticos y la variabilidad climática en las prácticas del cultivo de banano y plátano, muchos productores y técnicos de campo no los toman en cuenta, dejando de lado aspectos claves que inciden en la mejora de la producción del banano (Jiménez *et al.*, 2013). Sumado a lo anterior, en el mercado de software y aplicativos, se identifican algunos programas que sirven para el cálculo de parámetros de crecimiento de cultivos o determinación de enfermedades en las plantaciones; algunos de ellos prácticos, y otros que reportan datos meteorológicos de estaciones cercanas a su localización. Sin embargo, estos aplicativos están referenciados principalmente a fuentes estadounidenses o europeas, y no son específicos para el cultivo de musáceas.

En esa línea, el proyecto °AHOra pretende generar una aplicación web-móvil, que permita mejorar la planificación y toma de decisiones de prácticas agronómicas en plantaciones de musáceas (plátano y banano) frente a la variabilidad climática, con énfasis en la agricultura familiar de Colombia, Perú y República Dominicana. Lo anterior es posible gracias a la ampliación, modernización y actualización tecnológica de las estaciones meteorológicas, que hoy permiten detectar y almacenar información de manera autónoma, la misma que años atrás partía de un proceso manual. Además, ha aumentado el uso de celulares con capacidades de captación de datos e intercambio en tiempo real, lo que presenta nuevas posibilidades y opciones para mejorar la gerencia del cultivo. Por otro lado, ha aumentado el conocimiento sobre el papel de los factores abióticos en el crecimiento del cultivo, lo que ha permitido relacionar cuantitativamente el ritmo productivo del cultivo de banano y los factores meteorológicos; por ejemplo, a partir de datos de temperatura de la estación meteorológica, se puede conocer la cantidad de calor absorbida por la plantación (a partir del cálculo de Grados Día), y así determinar el período de floración a cosecha del racimo, previo conocimiento de los Grados días que deben ser acumulados para el desarrollo del racimo.

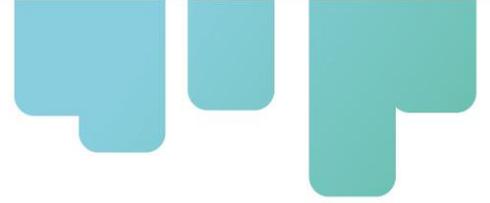


La aplicación, denominada °AHOra, permite realizar algunas proyecciones del cultivo a partir de datos locales meteorológicos y abióticos, como lo son: 1) tasa potencial de emisión de hojas, 2) tiempo promedio de floración a cosecha, con el fin de estimar el momento óptimo de cosecha, 3) peso potencial del racimo, 4) estimación de los nutrientes que deben ser restituidos al suelo luego de la cosecha, y 5) estimación de las necesidades hídricas del cultivo. Este relacionamiento práctico busca que el productor conozca la capacidad de desarrollo de su plantación, identifique los problemas que afectan el desarrollo del cultivo y sobre todo que se corrijan a tiempo. Los indicadores propuestos para la plataforma °AHOra relacionan los datos de estaciones meteorológicas: temperatura, radiación solar, precipitación y evaporación potencial, en variables de crecimiento potencial del banano, como se observa en la **Tabla 1**.

**Tabla 1.** Parámetros de relacionamiento entre datos meteorológicos y variables del cultivo de banano.

<b>Dato de estación meteorológica</b>	<b>variable de crecimiento potencial de banano</b>	<b>Importancia</b>
Temperatura	Tasa de emisión foliar	En el desarrollo del cultivo y racimos
Temperatura	Duración de período floración a cosecha racimo	En ritmo de desarrollo de racimo
Radiación solar y temperatura	Peso potencial de racimo	En el potencial productivo de una zona
Radiación solar	Acumulación total de biomasa - demanda de nutrientes	Uso óptimo de nutrientes
Evaporación potencial y precipitación	Demanda hídrica del cultivo	Uso eficiente del agua de riego

Con el fin de contar con una guía para el uso adecuado de la aplicación °AHOra, el presente documento contiene el manual actualizado de uso básico de la aplicación en su versión Demo. Este manual brinda al usuario final la información necesaria para facilitar la navegación en el aplicativo por las cinco (5) funciones que ofrece (previamente nombradas). A medida que se avance en el desarrollo del proyecto y se realicen talleres de socialización del aplicativo con productores y técnicos, la información que contiene el presente manual será complementada y actualizada. Así, posteriormente se entregará otro documento, titulado: “Manual operativo de la aplicación en su versión Pro”, el cual será la versión final que contendrá la guía para el uso del aplicativo con algunas mejoras o modificaciones según las sugerencias de los productores o técnicos con quienes se socialice en cada uno de los tres países.



## Acceso al aplicativo móvil

La aplicación web °AHOra, en su versión Demo, cuenta con un diseño responsive o adaptativo, por lo que se puede visualizar correctamente desde una misma página en distintos dispositivos con pantallas de diferentes tamaños.

Para acceder a la versión Demo que se presenta en este documento, ingrese a la siguiente dirección: <https://ahorappv2republicadominicana.herokuapp.com/>. El uso de la aplicación °AHOra es gratuito.

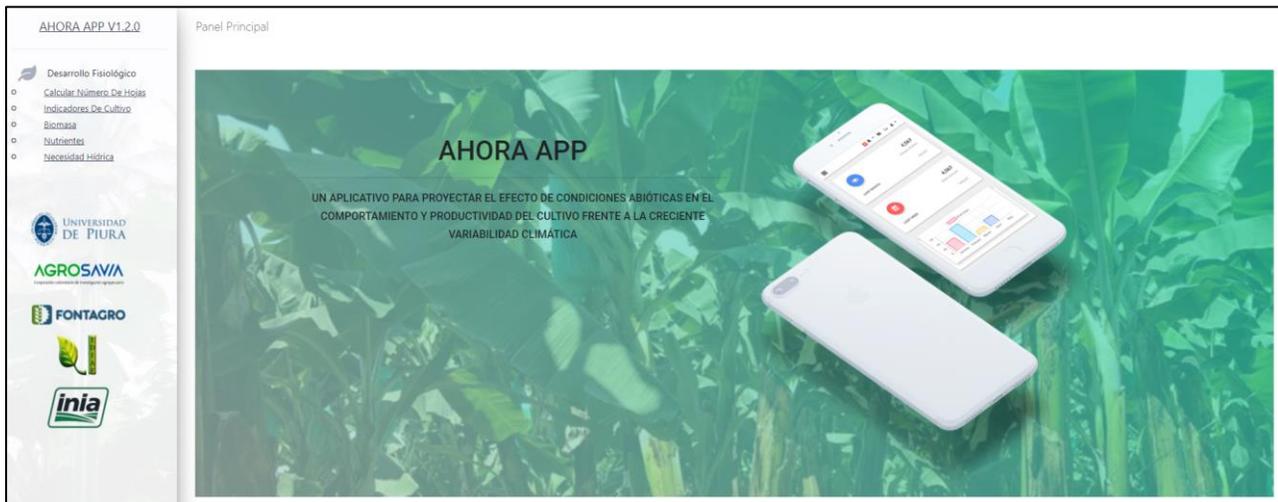
El aplicativo se alimenta con la información climática de las estaciones meteorológicas que se encuentran en las zonas productoras seleccionadas por el proyecto, las cuales son: los departamentos del Magdalena y La Guajira en Colombia, el Valle Occidental en la Línea Noroeste de República Dominicana, y el departamento de Piura en Perú (**Error! Reference source not found.**). Es por ello, que el usuario debe buscar estar ubicado en alguna de las zonas donde se está desarrollando el proyecto °AHOra, para asegurar mayor precisión en los datos de clima generados por la estación.



**Figura 1:** Zonas donde se está desarrollando el proyecto °AHOra en Colombia, Perú y República Dominicana.

## Pantalla de inicio

A continuación, se puede observar la pantalla inicial que le aparecerá al usuario una vez ingresa al portal web (**Figura 2** *Error! Reference source not found.*):



**Figura 2** Página principal de aplicación.

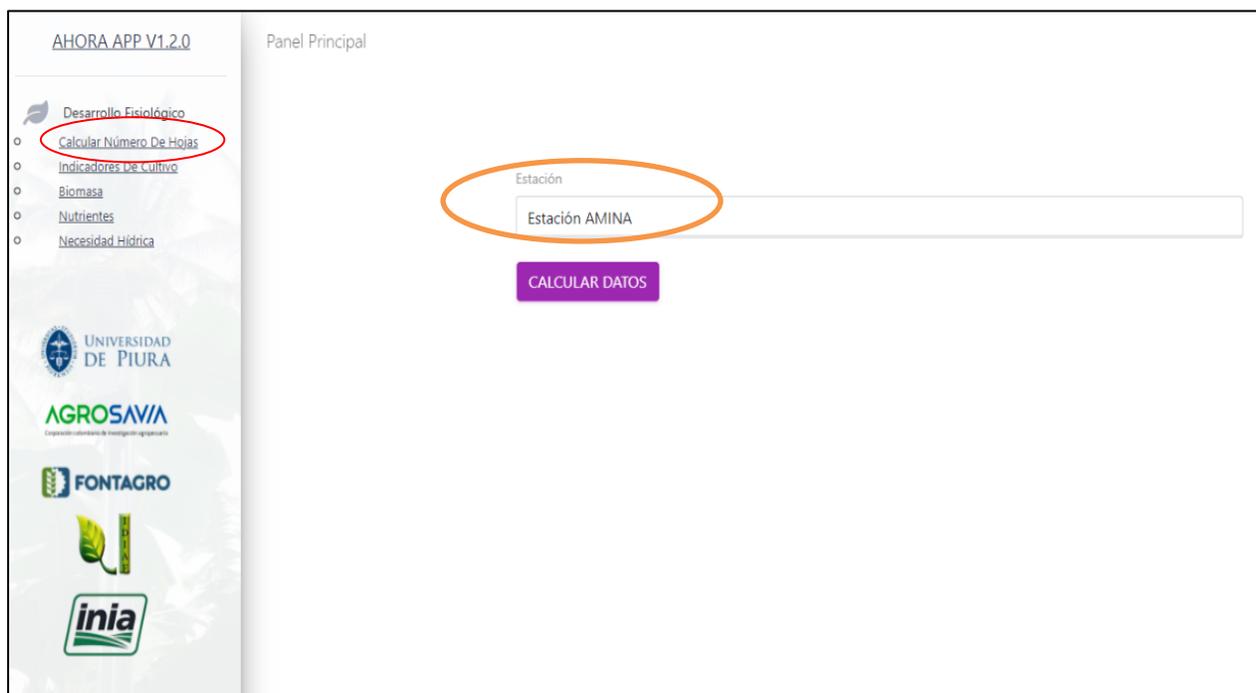
## Menú

En la parte izquierda de la pantalla de la **Figura 2**, se encuentran cinco funciones:

1. **Calcular Número de hojas:** permite determinar la tasa potencial de emisión de hojas.
2. **Indicadores de cultivo:** Permite determinar el número potencial de hojas del hijo de sucesión, la fecha estimada en la que sucedió la floración de la última cosecha, y proyectar la fecha de la próxima cosecha que se realizará.
3. **Biomasa:** Calcula el peso potencial del racimo.
4. **Nutrientes:** Demanda potencial de nutrientes a aplicar.
5. **Necesidad hídrica:** Calcula la cantidad de agua que es necesario reponer o suministrar.

# 1. Calcular el número de hojas

En esta parte del aplicativo se podrá calcular el *Potencial de emisión de hojas*, para ello, el usuario debe picar en: “Calcular Número de Hojas” (ovalado rojo en la **Figura 3**). Para realizar este cálculo, será necesario solamente escoger la estación meteorológica en análisis. Tomando como ejemplo las estaciones de Republica Dominicana que se encuentran hasta el momento ancladas al aplicativo web, se puede seleccionar entre las siguientes estaciones: Amina, Hato al Medio y Hatillo Palma (ovalado naranja de la **Figura 3**). Inmediatamente después picar en “Calcular Datos”.



**Figura 3.** Datos solicitados para el cálculo de Número de hojas.

El resultado obtenido por este cálculo (ovalado naranja de la **Figura 4**), refiere el potencial de crecimiento para nuevas hojas en los últimos 14 o 28 días. Además, el programa permite ingresar el número de hojas reales para compararlas con el potencial de emisión calculado. Para esto, debe ingresar el número en la sección “número de hojas reales” y presionar ‘Guardar’ (ovalado azul de la **Figura 4**).

Panel Principal

Número de hojas - Estación HATILLO PALMA

En función de las condiciones climáticas predisponentes tomando como referencia la fecha de consulta, se espera que se hayan emitido 1.9 hojas verdaderas en los últimos 14 días o 3.8 hojas en los últimos 28 días

Fecha	Nro Hojas Ingresado	Opciones	Número de hojas reales
2021-09-29 11:24:00	3.000	ELIMINAR	<input type="text"/>
2021-10-26 11:13:43	6.000	ELIMINAR	<input type="text"/>
2021-11-15 22:28:40	1.000	ELIMINAR	<input type="text"/>

UNIVERSIDAD DE PIURA  
AGROSAVA  
FONTAGRO  
inia

**Figura 4.** Pantalla de resultados del cálculo de número de hojas potenciales e ingreso de datos reales por usuario.

## Detalles acerca del funcionamiento

### ¿Cómo se realiza el cálculo de tasa potencial 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, dividido entre 108 GD. La ecuación se representa de la siguiente manera:

$$\text{Grados día (GD)} = \text{Temperatura media diaria} - \text{Temperatura base de } 13^{\circ}\text{C} \quad \text{Ecuación 1}$$

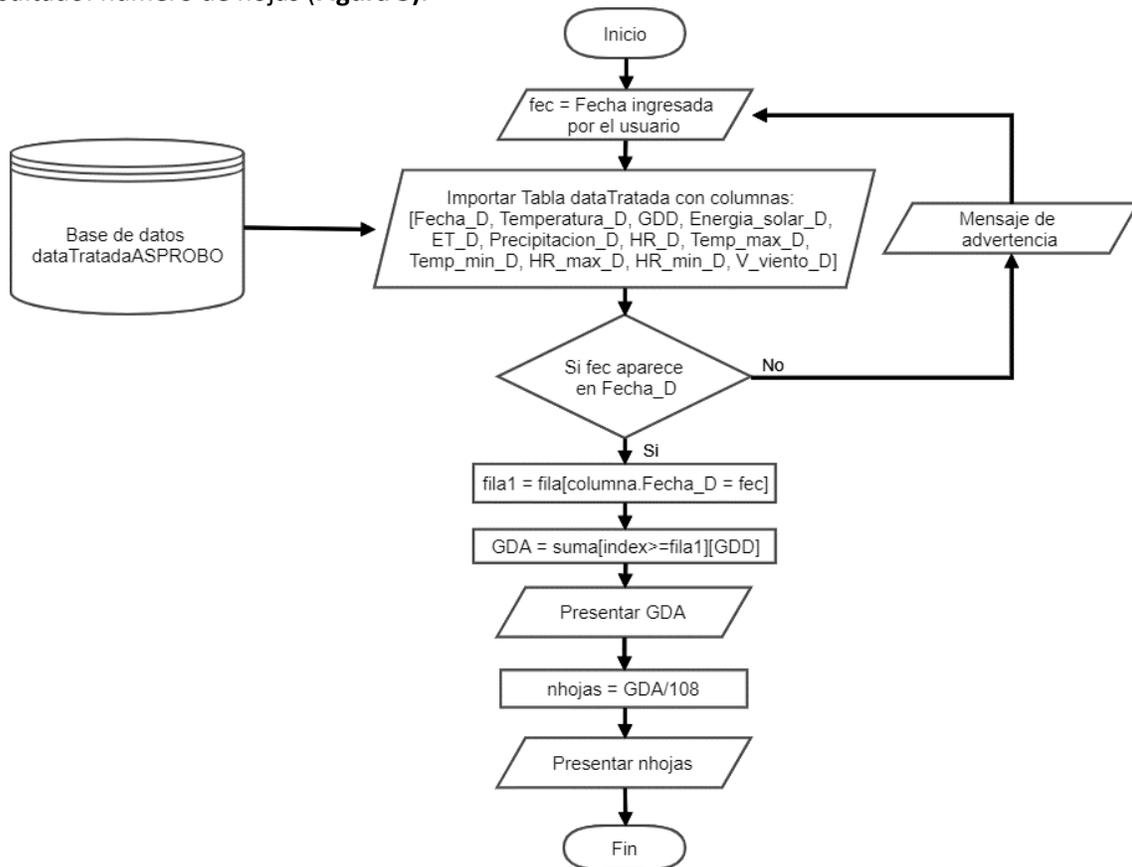
$$\text{Potencial de emisión de hojas} = \text{sumatoria GD del periodo} / 108 \text{ GD} \quad \text{Ecuación 2}$$

La temperatura considerada para la media no puede superar los  $35^{\circ}\text{C}$  ni ser menor a la temperatura base de  $13^{\circ}\text{C}$ . Por lo que, para el cálculo, la temperatura máxima posible de considerar es  $35^{\circ}\text{C}$  y la mínima  $13^{\circ}\text{C}$ .



### ¿Cómo funciona el cálculo en el aplicativo?

El programa desarrollado inicia con la solicitud de ingreso de fecha por el usuario (o fecha actual), a partir de la que obtendrá los datos de temperatura, energía solar, precipitación y demás parámetros que se encuentran previamente procesados en una Base de Datos. El cálculo dentro del diagrama permite sumar y acumular los grados día en la variable GDA para dos períodos: 14 y 28 días. El número de hojas se calcula en el siguiente paso, al dividirlo entre 108. Por último, el programa presenta el resultado: número de hojas (**Figura 5**).



**Figura 5:** Descripción del diagrama de flujo para el cálculo del número de hojas.

### ¿Como comparar entre el dato reportado por el aplicativo y el valor real?

El método de comparación sugerido es el siguiente:

- Marcar la hoja más nueva en 5 a 10 plantas de aproximadamente 5 meses de edad.
- Contar hojas nuevas en dos semanas próximas o en un mes (14 o 28 días).
- Comparar el resultado del aplicativo con el resultado real.

## 2. Indicadores de cultivo

Para ejecutar este cálculo, será necesario ingresar a la sección “Indicadores de cultivo” (ovalo rojo en la **Figura 6**), y completar los datos requeridos:

- Estación meteorológica: seleccionar la estación de interés (ovalo azul **Figura 6**)  
Fecha de última cosecha: ingresar dato de la última cosecha realizada (ovalo naranja **Figura 6**)

- **Figura 6).**
- Fecha de floración: ingresar dato de la última floración (ovalo verde **Figura 6**)

The screenshot displays the 'AHORA APP V1.2.0' interface. On the left, a sidebar menu lists various options, with 'Indicadores De Cultivo' circled in red. The main area, titled 'Panel Principal', contains three input fields: 'Estación' (circled in blue) with the value 'Estación AMINA', 'Fecha de última cosecha:' (circled in orange) with a date picker showing 'dd/mm/aaaa', and 'Fecha de floración (belloto, manzano, semana \*) - (\*) primera semana de floración:' (circled in green) with a date picker showing 'dd/mm/aaaa'. A purple button labeled 'CALCULAR DATOS' is positioned below the input fields.

**Figura 6.** Datos solicitados en pantalla de análisis de “indicadores de cultivo”.

Ingresados todos los datos necesarios, picar en el botón “CALCULAR DATOS” (Recuadro violeta **Figura 7**).

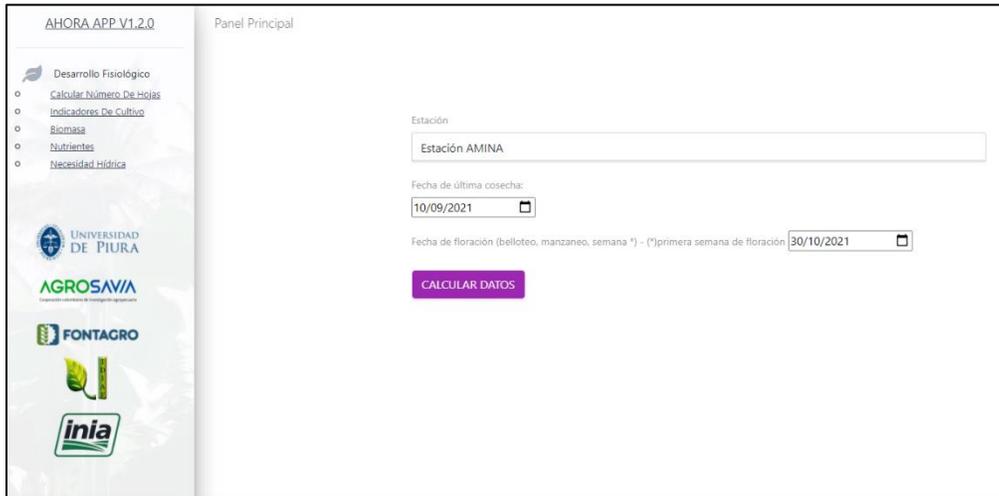


Figura 7. Ingreso de datos para “indicadores de cultivo”.

Los resultados obtenidos en esta sección del aplicativo serán:

- a. **Número potencial de emisión de hojas del hijo de sucesión:** Este cálculo se realiza considerando la última fecha de cosecha (cosecha de la planta madre), como inicio de período de cálculo, para determinar el número de hojas que potencialmente debería tener la planta hija hasta la fecha de consulta, teniendo en cuenta las condiciones climáticas (Figura 8).

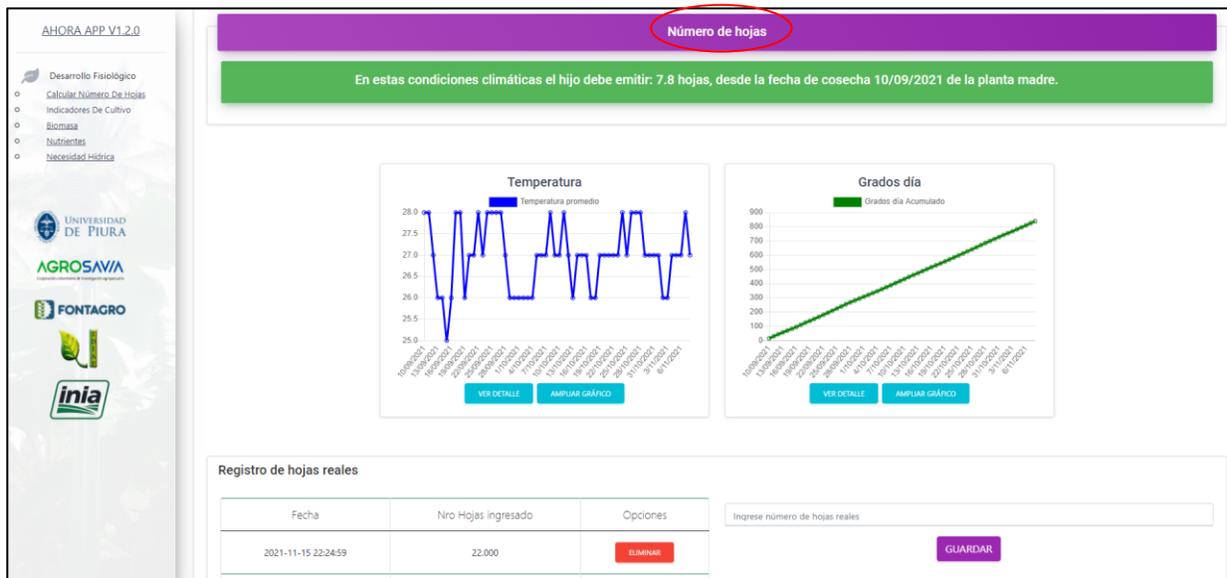
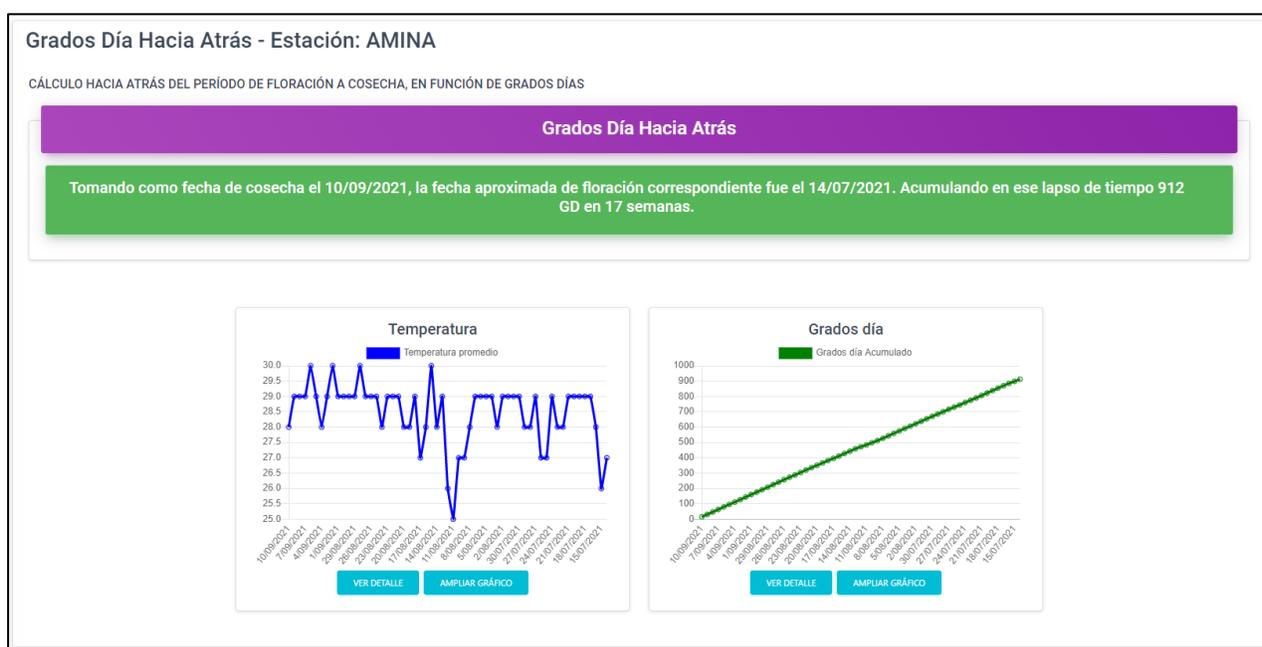


Figura 8. Resultado de cálculo de número potencial de hojas del hijo de sucesión.

- b. **BACKWARD (Grados día hacia atrás):** En este escenario, a partir de la última fecha de cosecha (fecha ingresada al inicio-**Figura 6**), estimará la fecha de floración correspondiente a ese ciclo de desarrollo de plantación o a esa cosecha pasada, y cuántas semanas tardó este período. Para ello, el aplicativo calculará desde cuándo se completaron los 900 GDA necesarios (**Figura 9**). Esto servirá para comprobar qué tan eficiente ha sido el desarrollo de la planta en comparación con el potencial disponible por energía solar. Además, se puede notar que el aplicativo entrega gráficos de desempeño de los parámetros meteorológicos involucrados en el cálculo, en este caso: temperatura y grados día para el período de análisis (**Figura 9**).



**Figura 9.** Resultado de cálculo de fecha estimada de floración de la última cosecha realizada (estimación de periodo de floración a cosecha pasados).

- c. **FORWARD (Grados día hacia adelante).** Con el dato ingresado de fecha de floración reciente (fecha introducida al inicio-**Figura 6**), se estima cuándo será la próxima fecha de cosecha. Para ello, se promedian los últimos valores de Grados Día (GD) y se realiza la proyección a partir de la fecha actual hasta completar los 900 Grados Día Acumulados-GDA). Mientras la fecha de consulta se acerque más a la fecha de cosecha, el resultado será más exacto.

Como resultado, el programa entregará la cantidad de GDA desde la fecha de floración. Si este valor de GDA es menor a 900, el programa estimará la fecha probable de cosecha; mientras

más cercano a 900 sea el valor, más preciso será la estimación. Si el valor de GDA es mayor a 900, el banano ya estaría disponible para cosecha o se ha pasado de época óptima de cosecha y muy probablemente pueda tener una madurez fisiológica más avanzada de la deseada ocasionando problemas para la comercialización. De igual manera, el resultado también muestra las lecturas meteorológicas en este período de tiempo, como: temperatura, humedad, y grados día (**Figura 10**).



**Figura 10.** Resultado de cálculo de fecha estimada de la próxima cosecha (proyección de periodo de floración a cosecha).

## Detalles acerca del funcionamiento



### **¿Cómo se realiza el cálculo de la duración del periodo de floración a cosecha?**

Según el estudio de Ganry (1978), la duración del período entre la floración y la cosecha de racimo depende de los grados día acumulados (GDA). El umbral practicado de 900 GDA es la referencia para este cálculo, y su importancia 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.

Los grados día (GD) son calculados de igual manera que en la función anterior (**Ecuación 1**).

### **¿Como comparar entre el dato reportado por el aplicativo y el valor real?**

El método de comparación sugerido es el siguiente:

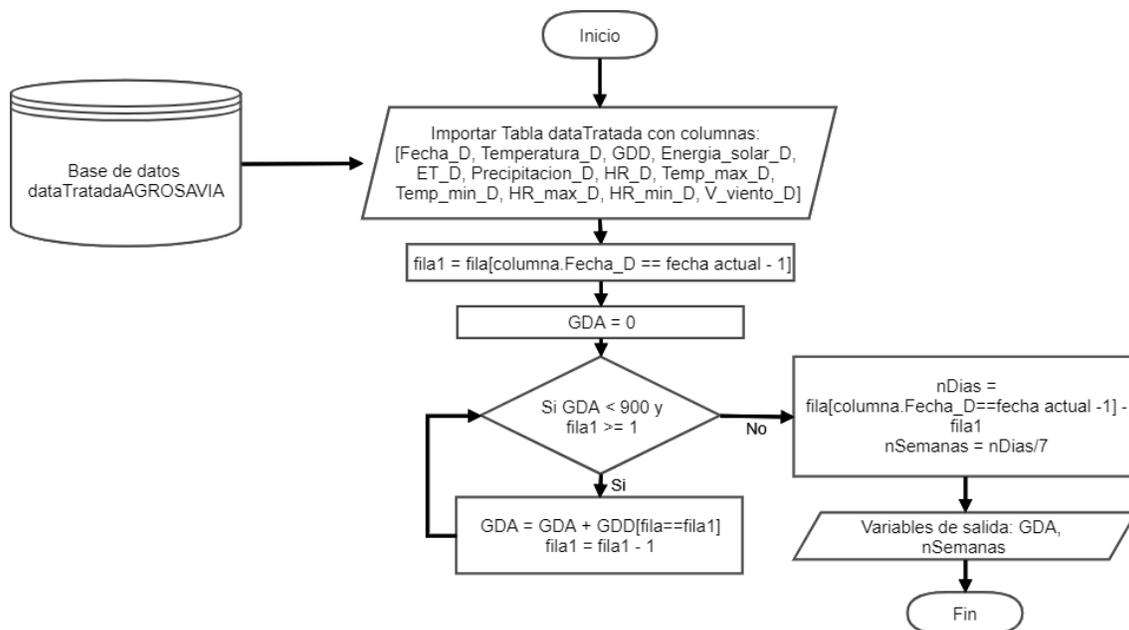
- El color de cinta diferenciado para cada semana desde la floración confirmará la cosecha entre la semana 9 y semana 13. Es bien conocido que los productores de musáceas realizan la práctica del encintado para programar las fechas de cosecha. Tomando en consideración esta práctica, es preciso aclarar que en algunas regiones la cosecha ocurre entre las semanas 9 y 12, por ejemplo, en Magdalena y La Guajira en la costa Caribe de Colombia. Esto debido a que, el mercado destino es Europa y el tiempo de transporte es mayor que el mercado de norte América.
- Comparar el tiempo calculado hasta acumular 900 GDA vs el tiempo real desde la floración hasta la cosecha.



### ¿Cómo funciona el cálculo duración del periodo de floración a cosecha en el aplicativo?

- **Operación BACKWARD (Figura 11):** El programa desarrollado considera como dato previo la fecha de cosecha ingresada. A partir de la fecha de cosecha se obtienen los parámetros: temperatura, energía solar, precipitación y otros desde la Base de datos tratada.

Lo siguiente es sumar y acumular los grados día en la variable GDA. Mientras los GDA (grados día acumulados) sean menores de 900, el programa seguirá ejecutando el proceso. Saliendo de ese bucle, la cantidad de iteraciones nos dará los días transcurridos, y el número de obtiene dividiendo el valor por 7.



**Figura 11:** Diagrama de flujo función BACKWARD



### ¿Cómo funciona el cálculo duración del periodo de floración a cosecha en el aplicativo?

- **Operación FORWARD (Figura 12):** El programa desarrollado inicia con la solicitud de ingreso de fecha por el usuario, a partir de la que obtendrá los datos de temperatura, energía solar, precipitación y demás parámetros que se encuentran previamente procesados en una Base de Datos.

Partiendo de la fecha de floración ingresada por el usuario, el programa calcula los GDA (grados día acumulados) y GDD (grados día promedio) en ese período. La cantidad de días restantes para la cosecha es calculada a partir de la resta de 900 menos los grados día acumulados y su posterior división por el GDD promedio.

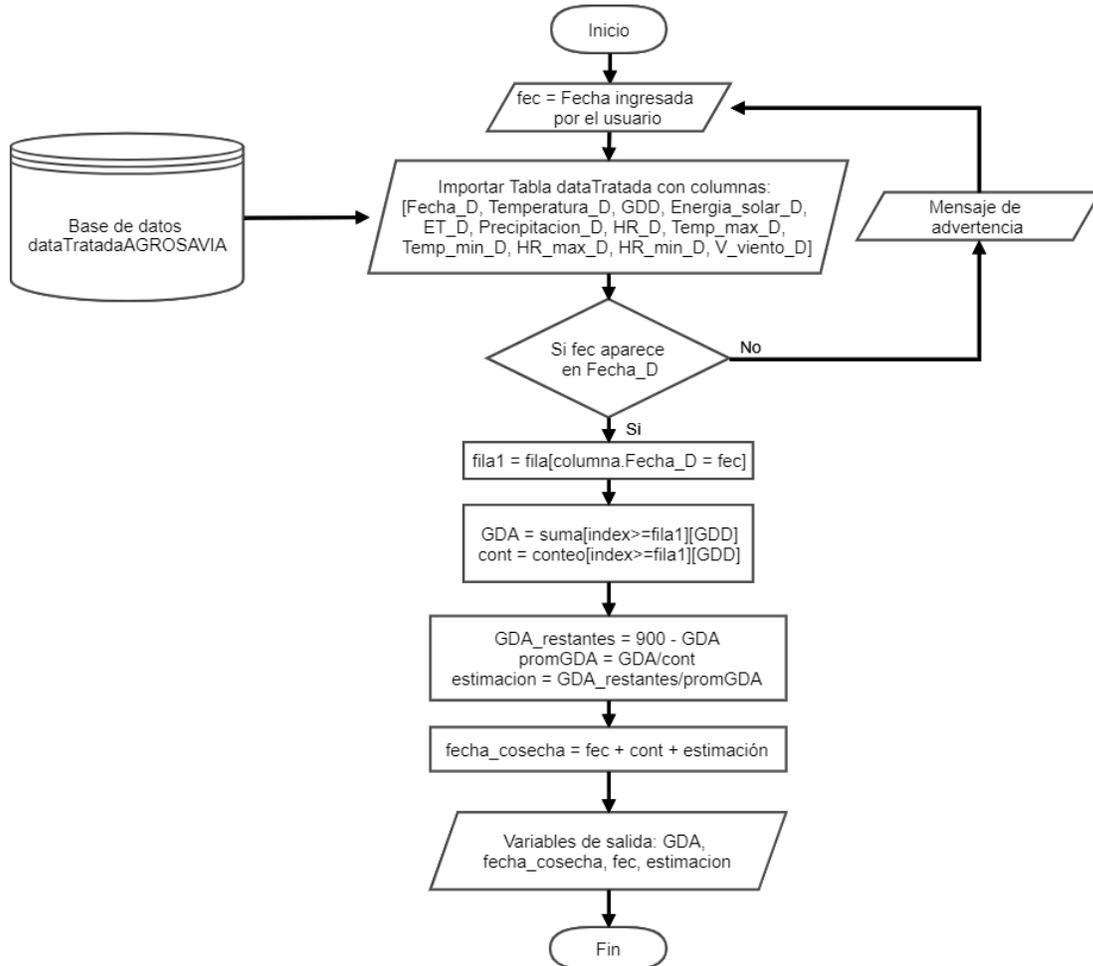


Figura 12: Diagrama de flujo función FORWARD

### 3. Biomasa

Para el cálculo de potencial de crecimiento de biomasa, el usuario debe picar en “Biomasa”, y seleccionar los siguientes datos:

- Estación meteorológica de interés
- Ingresar la fecha de floración
- Ingresar el número de plantas por hectárea de dicha plantación.

Todos estos datos son ingresados según se muestra en la **Figura 13**.

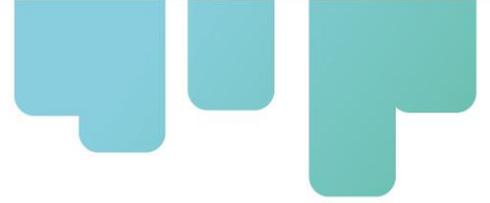
The screenshot shows a web interface titled "Panel Principal". It contains three input fields: "Estación" with the value "Estación HATO AL MEDIO", "Fecha de floración:" with the value "10/09/2021" and a calendar icon, and "Cantidad de plantas en una hectárea:" with the value "Ranjo 1800 - 2200". Below these fields is a purple button labeled "CALCULAR DATOS".

**Figura 13.** Ventana de ingreso de datos para cálculo de Biomasa.

El aplicativo ejecuta el cálculo a partir del cálculo de radiación realmente absorbida por la plantación de banano desde la fecha de floración hasta el día anterior a la fecha de consulta. El resultado de este análisis es mostrado en la **Figura 14**, con el valor del peso por planta y por hectárea.



**Figura 14.** Ventana de resultados - Biomasa



## Detalles acerca del funcionamiento

### ¿Cómo se realiza el 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/m<sup>2</sup>.

Los detalles de la ecuación Beer Lambert  $I = I_0(1 - e^{-kL})$  son los siguientes:

- 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)
- 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 la biomasa quedaría:

$$\text{Biomasa\_planta.seca} = I_0(1 - e^{-kL}) * (1,5) * (\text{Área\_planta})$$

La ecuación para determinar la biomasa por ha quedaría según:

$$\text{Biomasa\_planta.fresca} = I_0(1 - e^{-kL}) * (1,5) * (\text{Área\_planta}) / 1000 / 0,25 * (\#plantas/Ha)$$

### ¿Como comparar entre el dato reportado por el aplicativo y el valor real?

El método de comparación sugerido es el siguiente:

- El peso de racimo semanal medido en el momento del acopio es comparado con el peso potencial del racimo calculado.
- El productor puede generar el dato del bananal pesando 10 racimos para exportación, el promedio de estos 10 racimos se compara con el indicador que parte de la fecha de la cosecha.



### ¿Cómo funciona el cálculo del peso potencial del racimo?

El programa desarrollado inicia con la solicitud de ingreso de fecha por el usuario, a partir de la que obtendrá los datos de temperatura, energía solar, precipitación y demás parámetros que se encuentran previamente procesados en una Base de Datos.

Partiendo de la fecha de floración, el aplicativo calcula la energía acumulada (contador inicia en 'cero') hasta la fecha actual. A partir de la fórmula que relaciona la radiación absorbida con la emitida, y la necesidad energética para incremento de biomasa, se puede calcular la biomasa generada en el período de análisis. Esto es:

$$\text{Biomasa\_planta.fresca} = I_0(1-e^{-kL}) * (1,5) * (\text{Área\_planta}) / 1000 / 0,25 * (\#plantas/Ha)$$

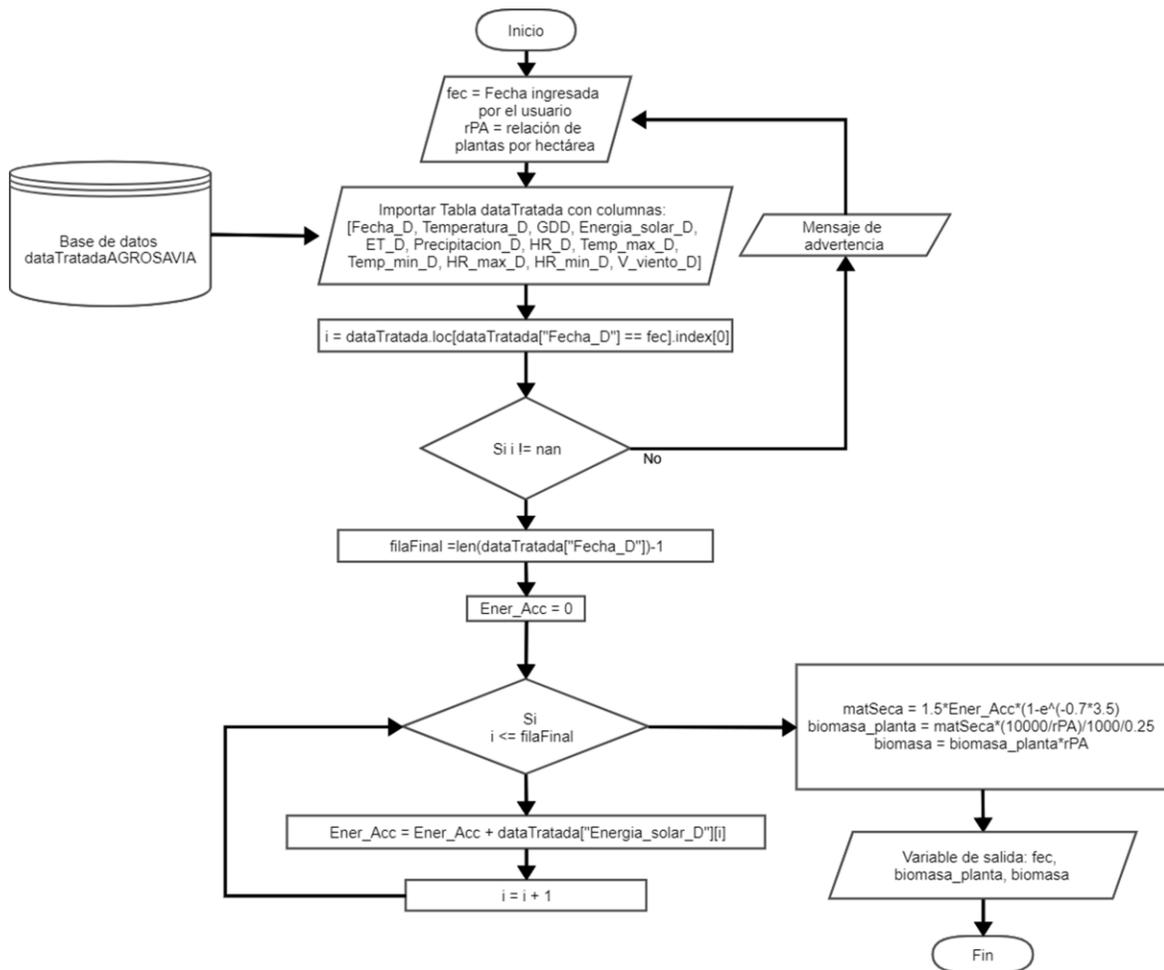
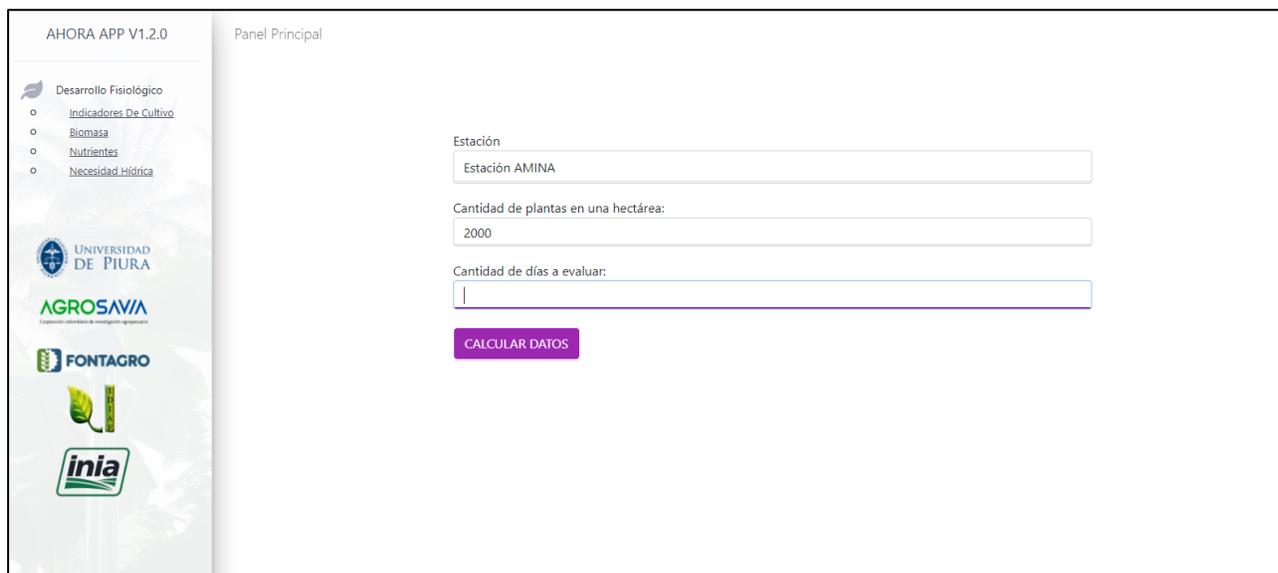


Figura 15. Diagrama de flujo cálculo del peso potencial del racimo

## 4. Nutrientes

El cálculo de la demanda potencial de nutrientes a aplicar para mantener el crecimiento potencial se basa en el cálculo de consumo de nutrientes utilizados en la formación de la biomasa. Para ello, el usuario debe picar en “Nutrientes”, y completar el formulario con los siguientes datos:

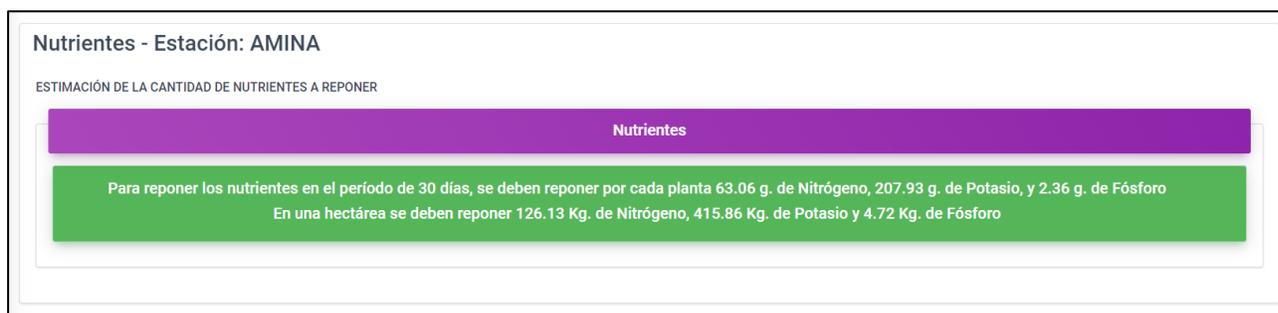
- Definir la estación meteorológica que se empleará
- Indicar la cantidad de plantas por hectárea
- Definir el período en evaluación o cantidad de días a evaluar (**Figura 16**).



The screenshot shows the 'AHORA APP V1.2.0' interface. On the left is a sidebar menu with the following items: 'Desarrollo Fisiológico', 'Indicadores De Cultivo', 'Biomasa', 'Nutrientes', and 'Necesidad Hidrica'. Below the menu are logos for 'UNIVERSIDAD DE PIURA', 'AGROSAVA', 'FONTAGRO', and 'inia'. The main area is titled 'Panel Principal' and contains a form with three input fields: 'Estación' (with 'Estación AMINA' entered), 'Cantidad de plantas en una hectárea:' (with '2000' entered), and 'Cantidad de días a evaluar:'. A purple button labeled 'CALCULAR DATOS' is positioned below the form.

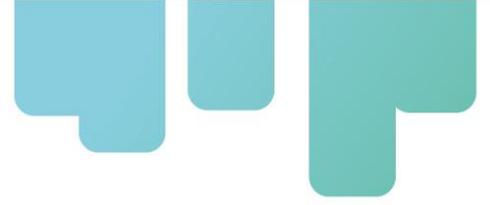
**Figura 16.** Plataforma de cálculo de demanda potencial de nutrientes.

El resultado del cálculo arrojará la necesidad de reposición de Nitrógeno, Potasio y Fósforo, por cada planta y también por hectárea (**Figura 17**).



The screenshot shows the result screen titled 'Nutrientes - Estación: AMINA'. It includes the subtitle 'ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE NUTRIENTES A REPONER'. A purple bar at the top is labeled 'Nutrientes'. Below it, a green box contains the following text: 'Para reponer los nutrientes en el período de 30 días, se deben reponer por cada planta 63.06 g. de Nitrógeno, 207.93 g. de Potasio, y 2.36 g. de Fósforo. En una hectárea se deben reponer 126.13 Kg. de Nitrógeno, 415.86 Kg. de Potasio y 4.72 Kg. de Fósforo'.

**Figura 17.** Pantalla de resultado de cálculo de demanda potencial de nutrientes.



## Detalles acerca del funcionamiento

### ¿Cómo se realiza el cálculo de la demanda potencial 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 (para los nutrientes clave Nitrógeno, Potasio y fosforo).

El valor de biomasa seca se multiplicará por 50%, porque a nivel de plantación solamente este porcentaje sale en racimos. La biomasa seca se convierte en gramos de nitrógeno, fosforo y potasio, así, la ecuación para el cálculo será:

- N a reemplazar =  $I_0(1-e^{-kL}) \cdot (1,5) \cdot (\text{Área\_planta}) \cdot (0,5) \cdot (0,00828)$
- K a reemplazar =  $I_0(1-e^{-kL}) \cdot (1,5) \cdot (\text{Área\_planta}) \cdot (0,5) \cdot (0,0273)$
- P a reemplazar =  $I_0(1-e^{-kL}) \cdot (1,5) \cdot (\text{Área\_planta}) \cdot (0,5) \cdot (0,00031)$

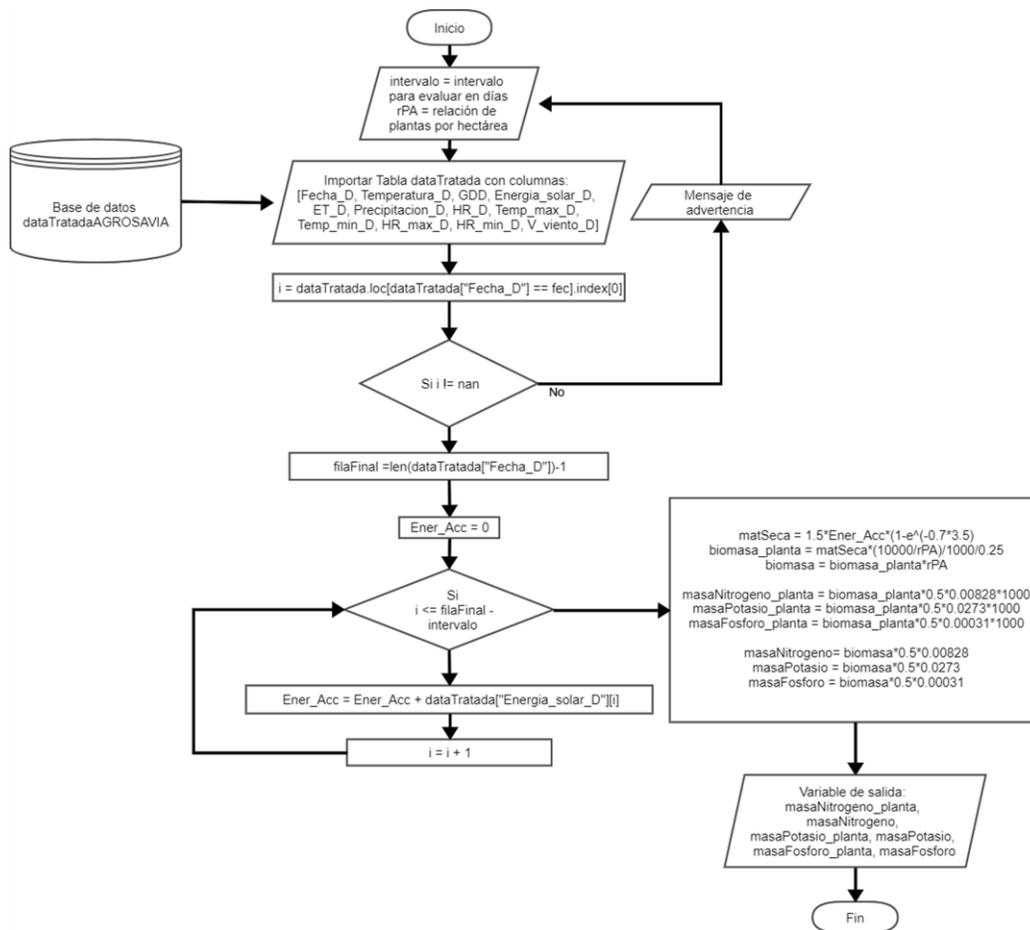
### ¿Como comparar entre el dato reportado por el aplicativo y el valor real?

El método de comparación sugerido es el siguiente:

- Comparar la cantidad de nutrientes calculada vs los nutrientes aplicados en el mismo período por el productor.

## ¿Cómo funciona el cálculo de la demanda potencial de nutrientes?

El programa desarrollado inicia con la solicitud de ingreso de período de evaluación por el usuario, a partir de la que obtendrá los datos de energía solar emitida para calcular los parámetros necesarios en el análisis. El contador de energía inicia en cero, y finaliza en el período de análisis, ejecutado el comando para cálculo de nutrientes de reposición (nitrógeno, potasio y fósforo).



**Figura 18.** Diagrama de flujo del cálculo demanda potencial de nutrientes

## 5. Necesidad hídrica

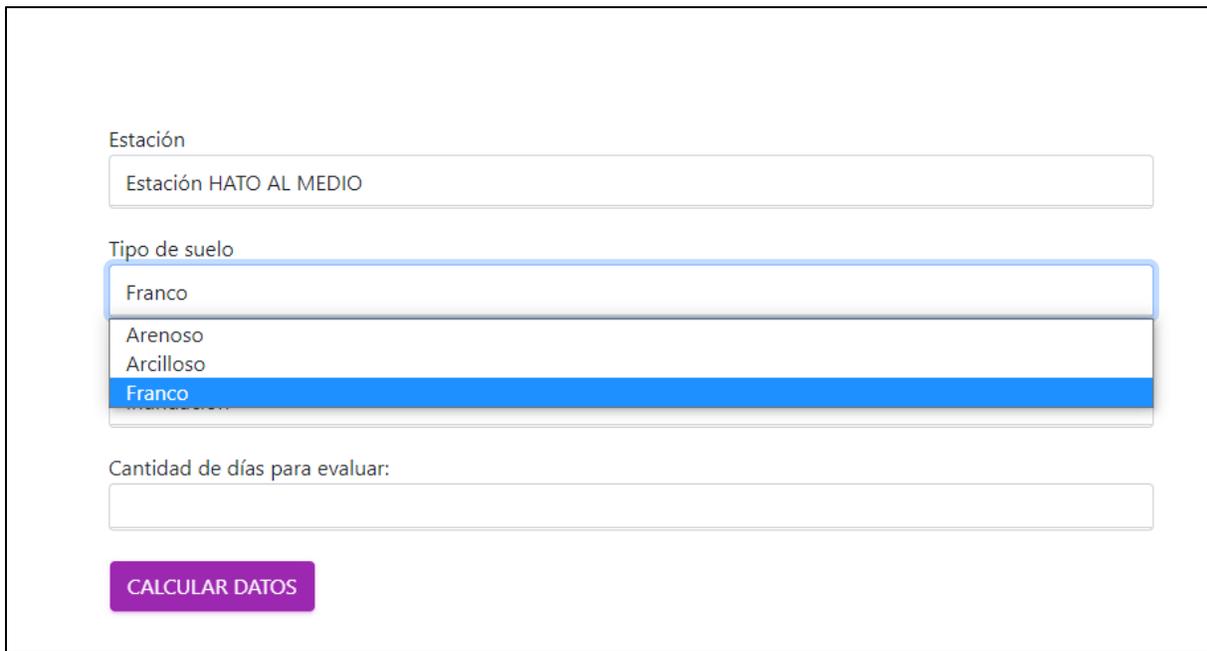
El aplicativo desarrollado permite evaluar la necesidad hídrica de la plantación. Para acceder a este cálculo, el usuario debe picar en “Necesidad Hídrica”, y completar el formulario con los siguientes datos:

- Estación. Puede seleccionarse entre: Amina, Hato al Medio, Hatillo Palma (Si se toma como ejemplo el caso de República Dominicana) (**Figura 19**)
- Tipo de suelo. Puede seleccionarse entre Arenoso, Arcilloso y Franco (**Figura 20**)
- Tipo de riego. Puede seleccionarse entre Inundación, Microaspersión y Goteo (**Figura 21**)
- Cantidad de días a evaluar. Dependerá del período que busca analizarse. Se sugiere ingresar 7, 14, 21 ó 28 días. Sin embargo, el período de análisis puede ser distinto (**Figura 19**)



The screenshot displays the 'AHORA APP V1.2.0' interface. On the left, a sidebar menu is titled 'Desarrollo Fisiológico' and lists 'Indicadores De Cultivo', 'Biomasa', 'Nutrientes', and 'Necesidad Hídrica'. Below the menu are logos for 'UNIVERSIDAD DE PIURA', 'AGROSAVA', 'FONTAGRO', and 'inia'. The main area, labeled 'Panel Principal', contains a form with the following fields: 'Estación' (with 'Estación AMINA' selected), 'Tipo de suelo' (with 'Arenoso' selected), 'Tipo de riego' (with 'Inundación' selected), and 'Cantidad de días para evaluar:'. A purple button labeled 'CALCULAR DATOS' is positioned below the form.

**Figura 19.** Plataforma de cálculo para necesidad hídrica.



Estación  
Estación HATO AL MEDIO

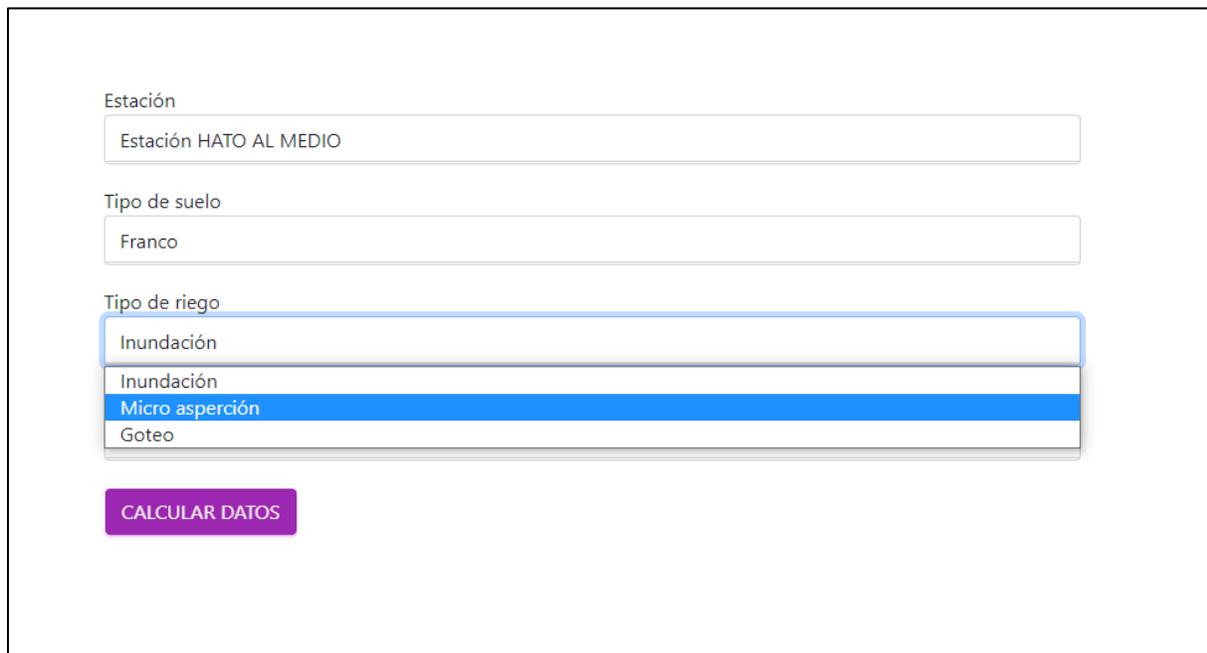
Tipo de suelo

- Franco
- Arenoso
- Arcilloso
- Franco**

Cantidad de días para evaluar:

CALCULAR DATOS

**Figura 20.** Selección de tipo de suelo.



Estación  
Estación HATO AL MEDIO

Tipo de suelo  
Franco

Tipo de riego

- Inundación
- Inundación
- Micro aspersión**
- Goteo

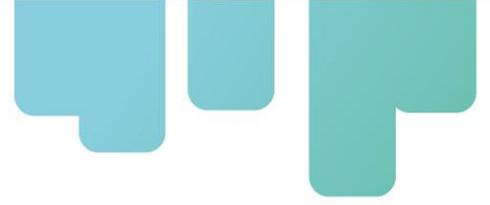
CALCULAR DATOS

**Figura 21.** Selección de tipo de riego.

Terminando la selección de parámetros de cálculo, deberá picarse en 'Calcular Datos', para obtener el resultado del análisis. Esto se puede ver en la **Figura 22**.



**Figura 22.** Pantalla de resultado de cálculo de Necesidad hídrica



## Detalles acerca del funcionamiento

### ¿Cómo se realiza el cálculo de necesidad hídrica?

La importancia de este indicador radica en la necesidad de asegurar la humedad adecuada para la productividad del banano. Como método de cálculo se prevé sumar la evapotranspiración diaria por bloque de siete (7) días y restar la precipitación efectiva, incorporando la eficiencia del sistema de riego.

Se considerará los siguientes puntos de análisis:

1. Cantidad de agua utilizada por el bananal durante los últimos siete (7) días:

Este valor se obtiene de la suma de los valores de EVPo diaria durante los siete días previos, multiplicados por el factor Kc (coeficiente de Cropwat), de valor 1,1 para el caso.

2. Cantidad de agua faltante para cubrir con riego en los últimos siete (7) días:

Para este cálculo, debe restarse del valor obtenido en el ítem uno (1), el valor de lluvia efectiva en el mismo periodo de cálculo.

- El cálculo de lluvia efectiva, que es la cantidad de lluvia que se infiltra al suelo es el valor de la lluvia total sin incluir los días con 5mm de precipitación o menos (ya que esta se queda en hojas sin infiltrar al suelo), menos el potencial de infiltración durante este mismo período.
- El potencial de infiltración se calcula como la suma de la capacidad del suelo para almacenar agua aprovechable y la evapotranspiración potencial del cultivo. La capacidad del suelo para almacenar agua aprovechable es igual a:

Densidad aparente\*profundidad enraizamiento\*capacidad del suelo según textura\*50%

3. La eficiencia de riego es considerada para esta etapa, así:
  - Riego por Inundación: 50%
  - Riego por microaspersión: 70%
  - Riego por goteo: 90%

4. Cálculo del turno máximo de riego

El cálculo para este apartado es calculado según:

Turno máximo en días = agua aprovechable / EVTPo diaria promedio para el período.

### ¿Cómo funciona el cálculo de necesidad hídrica?

El programa desarrollado inicia con la solicitud de ingreso de datos por el usuario: elección de estación, tipo de suelo, tipo de riego, y período de análisis. Este último punto definirá el plazo de obtención de datos de evapotranspiración y precipitación para los cálculos de necesidad hídrica.

Tanto evapotranspiración y precipitación inician sus contadores en cero, y ambos acumulan los valores en el período de análisis. Posteriormente a ello se realiza el análisis de evapotranspiración y precipitación, tomando en consideración la capacidad de absorción del suelo, y la eficiencia del riego para definir cuánta agua necesitará añadirse en el riego.

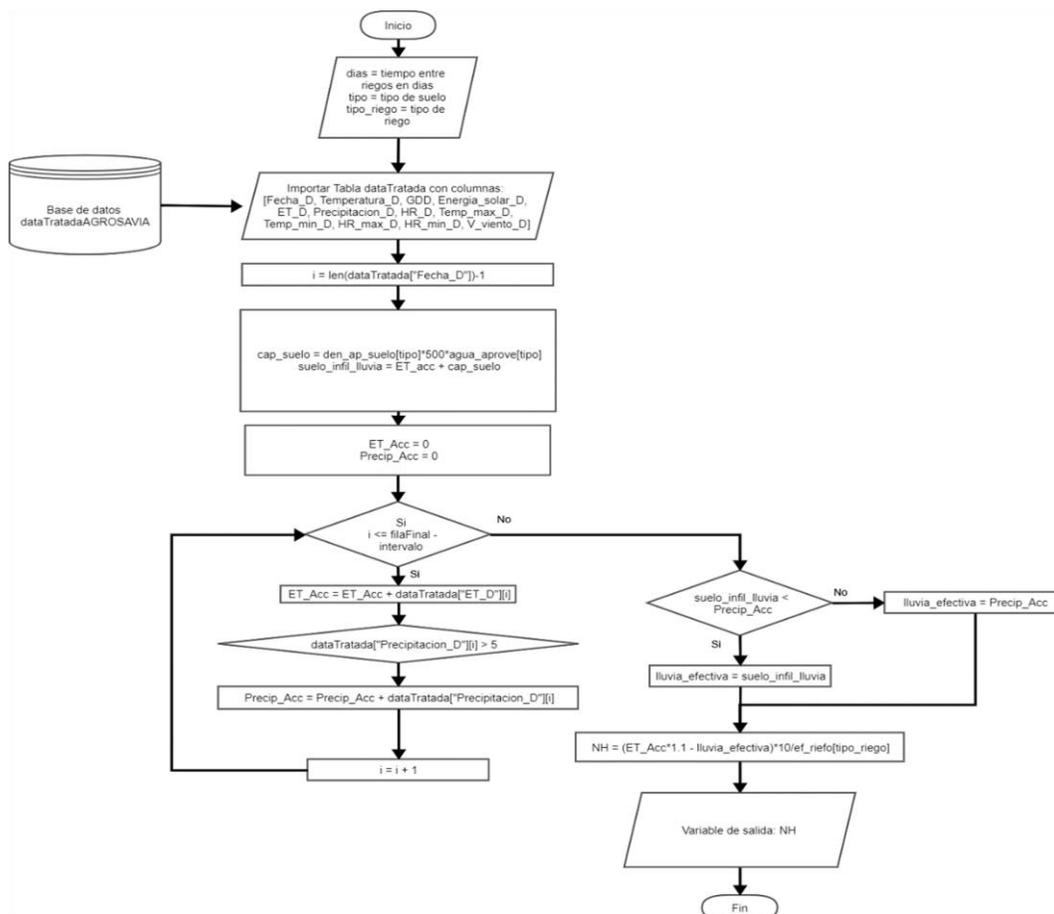
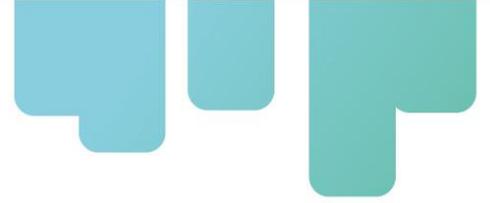


Figura 23. Diagrama de flujo cálculo necesidad hídrica.



## Próximos pasos

En esta etapa del proyecto ya se ha logrado recopilar datos del sistema mediante programas en lenguaje Python a partir de Bases de Datos por fuentes meteorológicas, además se ha podido desarrollar un sistema de pretratamiento de la información y finalmente se ha diseñado la plataforma de cálculo en un aplicativo de consulta directa para:

- Emisión potencial de número de hojas.
- Tasa potencial de crecimiento de racimo.
- Generación potencial de Biomasa
- Necesidad de nutrientes
- Necesidad hídrica

Se buscará como siguientes pasos implementar la alimentación automática de información desde estación meteorológica hasta la base de datos del Hosting, para que el aplicativo obtenga la información directamente y pueda actualizarse automáticamente.

## Referencias Bibliográficas

- 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.
- 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. (2011). Impacto de la variabilidad climática en la producción de banano en el Urabá Antioqueño. Universidad Nacional de Colombia. Extraído de, <http://cort.as/-MLsu>.
- Higuera, I. (2015). Bananos y plátanos, frente al cambio climático. Extraído de, [http://cort.as/-MKp\\_](http://cort.as/-MKp_)
- IICA. (2015). Agricultura y variabilidad climática: Lo que debemos saber del clima. FICHA TÉCNICA N° 1. Disponible en: <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2601/BVE17038689e.pdf;jsessionid=C6841369ADDFBC1983ECAB587481AD23?sequence=1>
- Jiménez, R.; Rengifo, D. Céspedes, C; y Suárez. (2013). Relevamiento de las mejores prácticas e innovaciones en la producción de banano de exportación. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Santo Domingo, República Dominicana.
- Távora, H. M. (2020). Efectos del cambio climático en la productividad del banano orgánico en el Valle del Chira - Sullana - Piura. [Dissertation, Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú].
- Tixier, P. 2021. Comunicación personal, a partir de experiencia y datos de experimentos.
- Turner, D.W., y N. Hunt. 1983. The relationship between temperature and the rate of appearance

- of new leaves on thirty banana varieties grown in the subtropics. Garcia Orta série Estudos Agron. Lisb. 10, 91–94.
- Turner, D.W., y E. Lahav. 1983. The growth of banana plants in relation with temperature. Aust. J. Plant Physiol. 10, 43–53.
- Yela, Y., Boza, J., Baquedano, L., Fierro, J., Rivas, K., y M. Quiñonez (2016). Efectos del cambio climático en la producción agrícola del Banano en el Cantón Valencia. Revista Caribeña de Ciencias Sociales. En línea: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2016/09/banano.html>

## Instituciones participantes



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)

Correo electrónico: [fontagro@fontagro.org](mailto:fontagro@fontagro.org)