



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

Producto 7. Manual operativo 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 Directorios 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

www.fontagro.org



Tabla de Contenidos

Resumen	4
Introducción.....	5
Acceso al aplicativo móvil	7
Pantalla de inicio.....	8
Inicio de sesión.....	9
Menú	10
1. Cálculo de la tasa potencial de emisión de hojas	11
Detalles acerca del funcionamiento	12
2. Cálculo del período de floración a cosecha	14
Función Backward	14
Función Forward.....	15
Detalles acerca del funcionamiento	18
Próximos pasos	21
Referencias Bibliográficas	21
Instituciones participantes	22



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 dos (2) de las cinco (5) funciones posibles que la aplicación brindará, por lo que este documento es una herramienta que proporciona detalles para calcular la Tasa Potencial de emisión de hojas de banano y tasa potencial de desarrollo de racimo (tiempo promedio de floración a cosecha, con el fin de estimar el momento óptimo de cosecha).

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 día 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: 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 parámetros de crecimiento potencial del banano, como se observa en la **Tabla 1**.

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

Dato de estación meteorológica	Parámetro de crecimiento potencial de banano	Importancia
Temperatura	Tasa de emisión foliar	Influyente en ritmo de desarrollo del cultivo y racimos
Temperatura	Duración de período floración a cosecha racimo	Influyente en ritmo de desarrollo de racimo
Radiación solar y temperatura	Peso potencial de racimo	Central al potencial productivo de una zona
Radiación solar	Acumulación total de biomasa - demanda de nutrientes	Insumo para el uso óptimo de nutrientes
Evaporación potencial y precipitación	Demanda hídrica del cultivo	Orientación al uso óptimo del insumo agua

Con el fin de contar con una guía para el uso adecuado de la aplicación °AHOra, el presente documento contiene el manual 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, el cual hasta el momento tiene implementadas las dos primeras funciones: 1) tasa potencial de emisión de hojas, y 2) tiempo promedio de floración a cosecha. A medida que se avance en el desarrollo del proyecto, la información que contiene el presente manual será complementada y actualizada. Así, posteriormente se entregarán dos documentos: “Manual operativo actualizado de la aplicación en su versión Demo” y “Manual operativo de la aplicación en su versión Pro”, los cuales detallarán respectivamente, las instrucciones para el uso del aplicativo con las cinco funciones propuestas y la versión final de 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://ahorapp.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 (**Figura 1**). 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**):

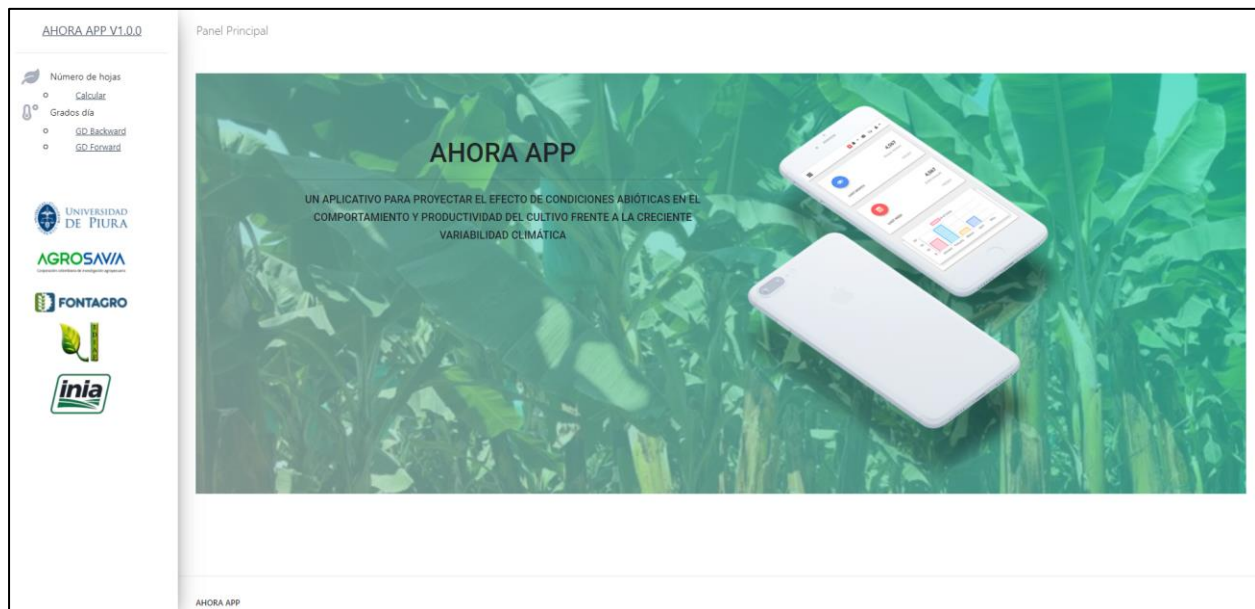


Figura 2: Página principal de la aplicación.

Inicio de sesión

El primer dato que pide la aplicación es la fecha de consulta del usuario (**Figura 3**). Lo ideal es ingresar la fecha en que inició la floración (día de encintado de racimos – semana 1).

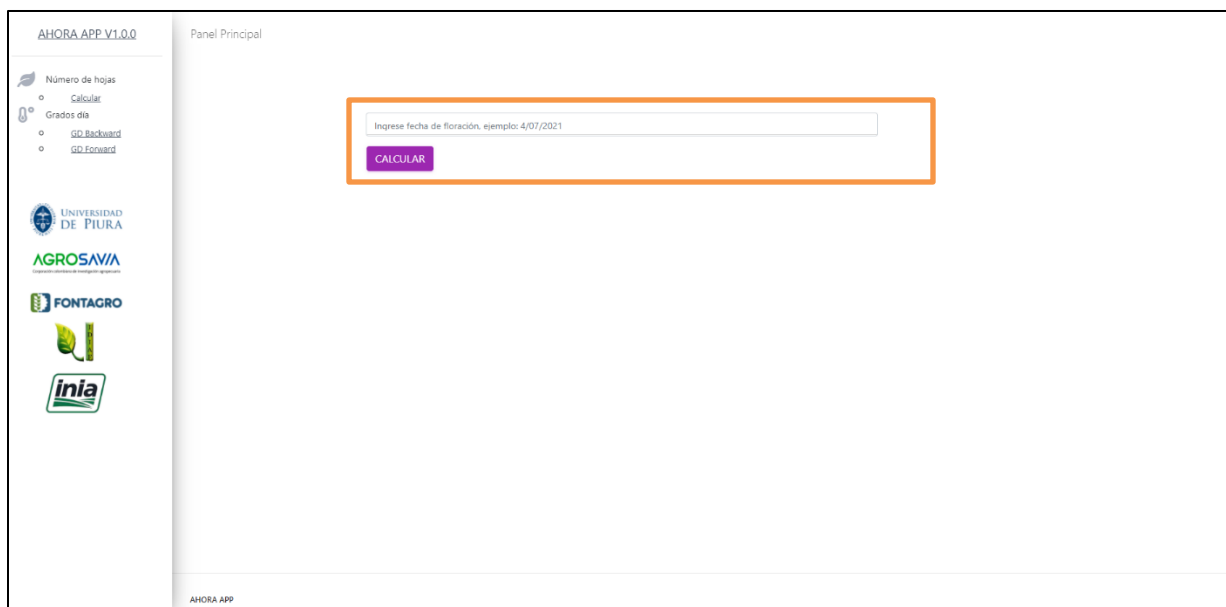


Figura 3: Datos solicitados por la aplicación

Menú

En la parte izquierda se encuentran dos funciones: 1. Número de hojas (permite determinar la tasa potencial de emisión de hojas), y 2. Grados día (calcula los grados días (GD) o grados de calor (GC) acumulados desde el inicio de la floración (semana 1) hasta el tiempo de cosecha, el cual puede variar entre 9 – 13 semanas dependiendo de las condiciones climáticas predisponentes (Figura 4).

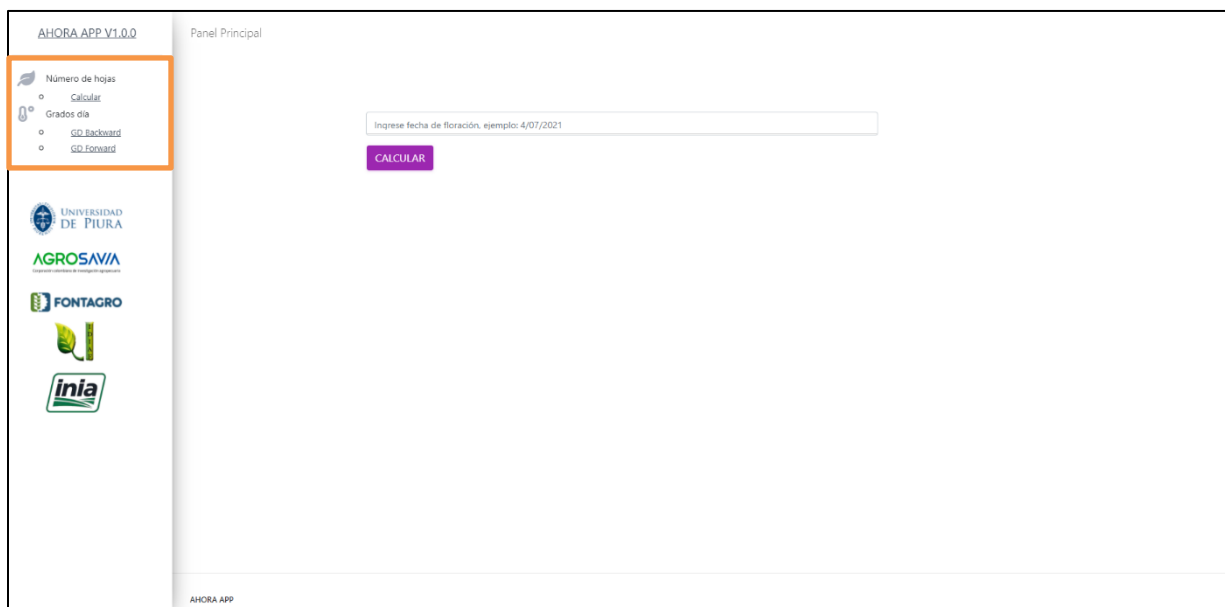


Figura 4: Panel de funciones de la aplicación

1. Cálculo de la tasa potencial de emisión de hojas

Esta función permite calcular el potencial de generación de nuevas hojas en función de la energía absorbida en Grados Día (GD) por la planta.

Una vez se haya ingresado a la plataforma de cálculo, el usuario debe dar clic en ‘Calcular’ dentro del apartado “Número de hojas” (Recuadro naranja **Figura 5**). Enseguida aparecerá la pantalla que se muestra en la **Figura 5**.

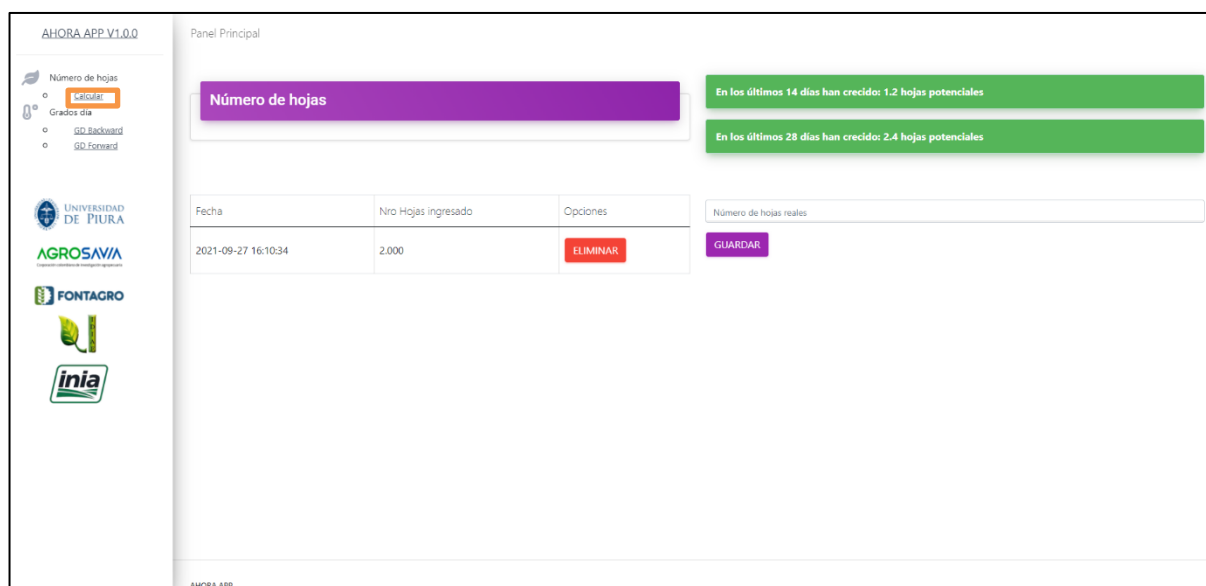


Figura 5: Página de aplicación N° hojas.

El resultado obtenido por este cálculo (recuadro azul de la **Figura 6**), 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’ (recuadro naranja de la **Figura 6**).

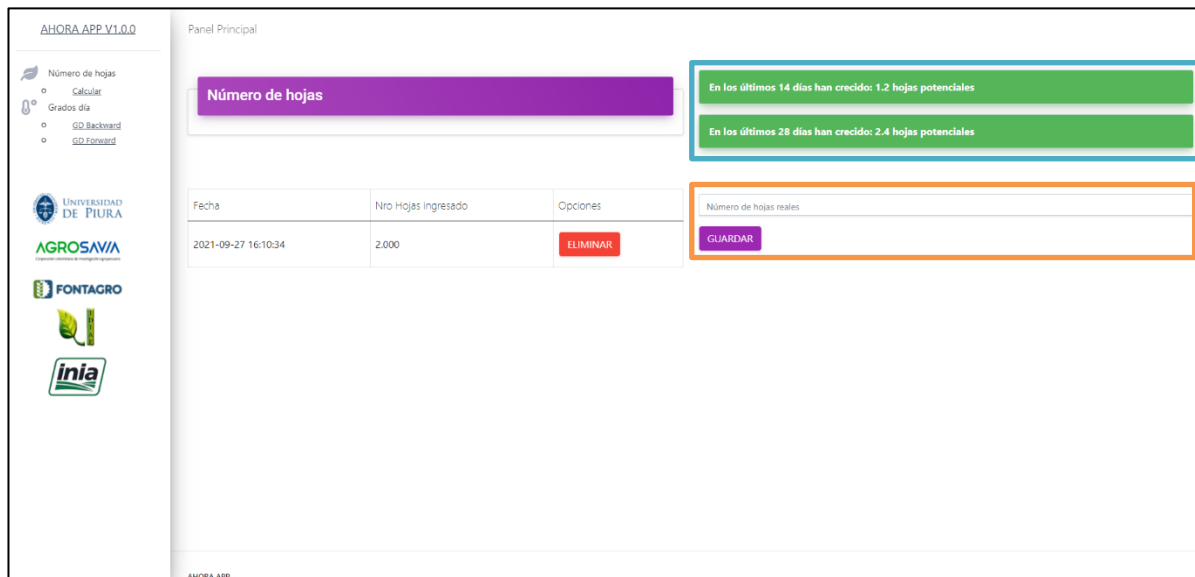


Figura 6. Zona de cálculo de Número de hojas potenciales.

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. 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°C ni ser menor a la temperatura base de 13°C . Por lo que, para el cálculo, la temperatura máxima posible de considerar es 35°C y la mínima 13°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 por 108. Por último, el programa presenta el resultado: número de hojas (**Figura 7**).

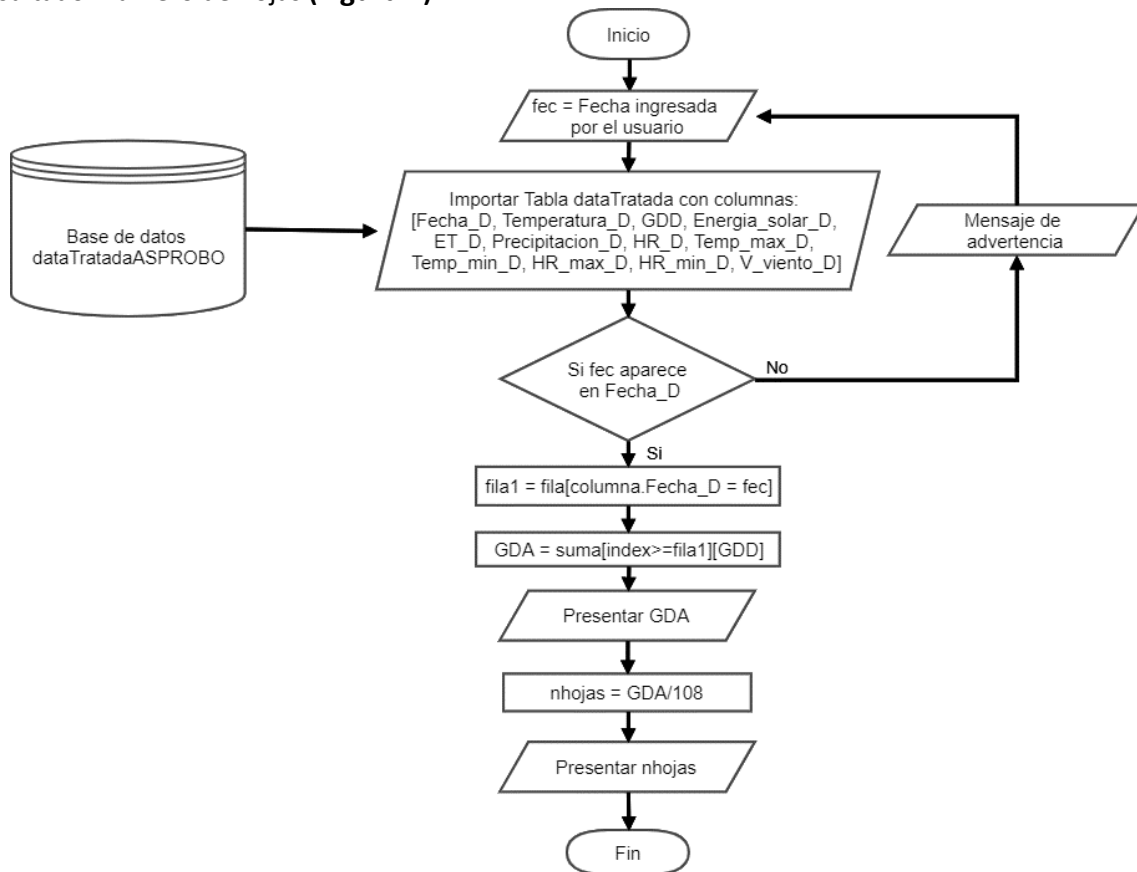


Figura 7: Descripción del diagrama de flujo de la operación en el aplicativo.

¿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 pseudotallos.
- 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. Cálculo del período de floración a cosecha

Para este cálculo, el usuario debe dirigirse a la opción “Grados día” y elegir la opción de trabajo “Backward” o “Forward”.

Función Backward

La opción backward mostrará el resultado de los Grados día acumulados desde el día de floración hasta el día anterior a la consulta. Una vez se haya ingresado la fecha a la plataforma (**Figura 3**), el usuario debe picar en ‘Backward’ (Recuadro naranja **Figura 8**). El resultado se obtiene de manera directa (Recuadro naranja **Figura 9**).

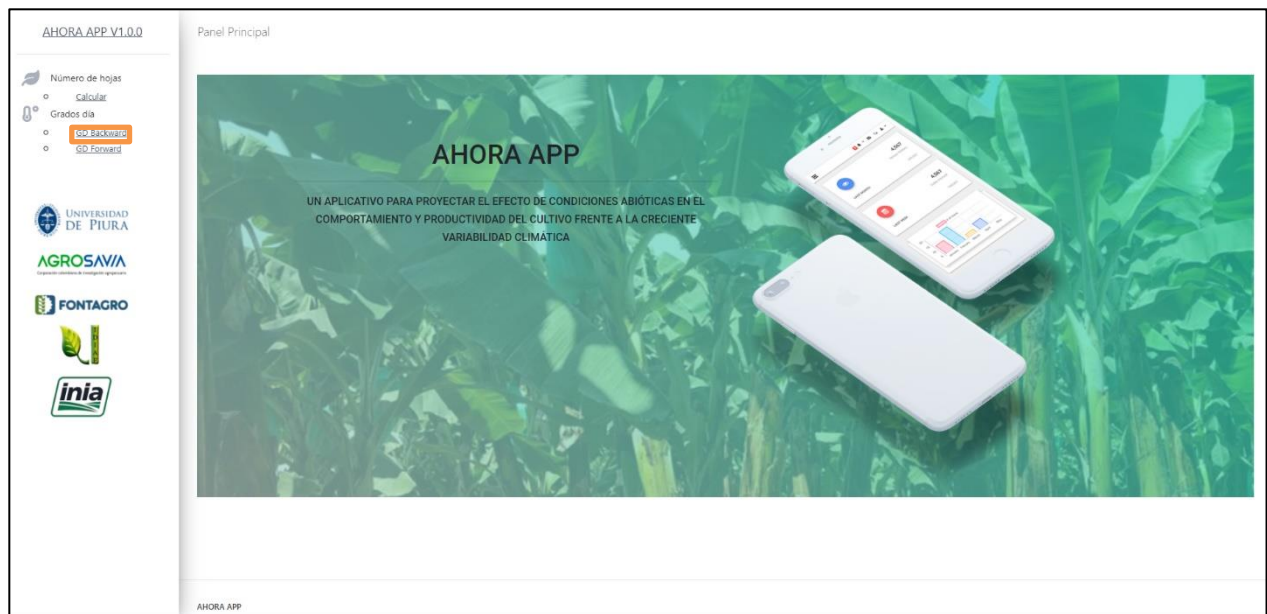


Figura 8. Ingreso a calcular duración de periodo de floración a cosecha ‘Backward’

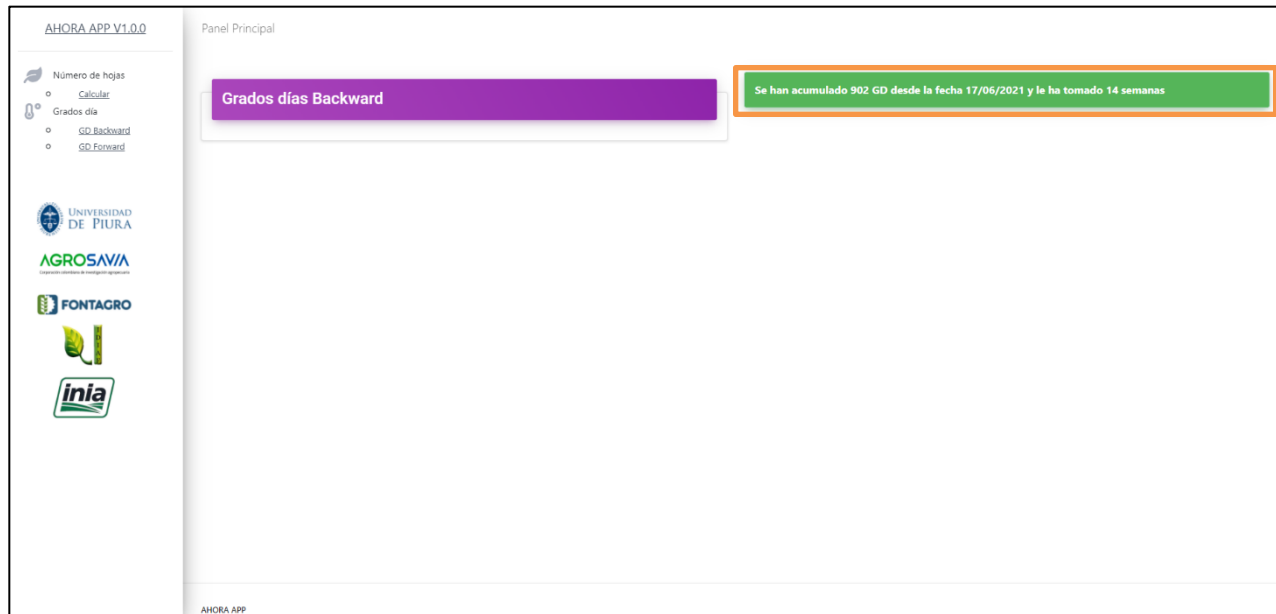


Figura 9: Pantalla de resultado de GDA Backward

Función Forward

La opción forward realizará una proyección de Grados acumulados desde el día de floración (fecha introducida al inicio (**Figura 3**)) y brindará como resultado la fecha estimada de cosecha (**Figura 10**). Mientras la fecha de consulta se acerque más a la fecha de cosecha, el resultado será más exacto. Para ello, el usuario debe ingresar la fecha de floración. El programa entregará la cantidad de Grados Día Acumulados. 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 precisa 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.

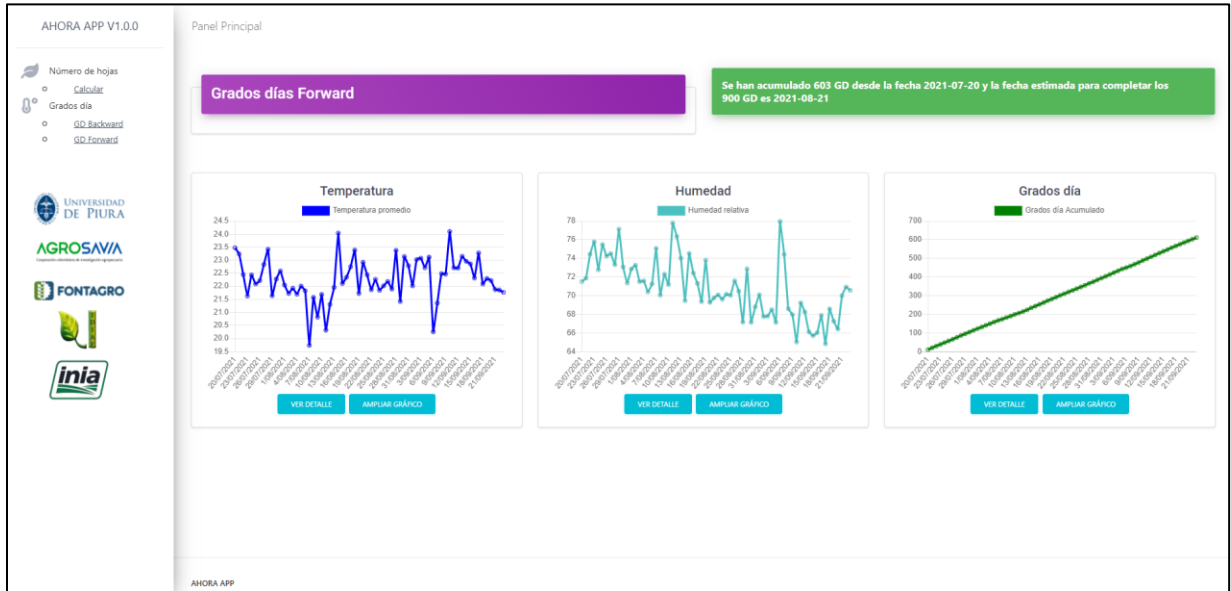


Figura 10. Pantalla de resultado GDA Forward

Además del cálculo descrito, en este apartado también se presentan gráficos de comportamiento de la temperatura, humedad relativa y Grados día desde la fecha de floración ingresada (**Figura 11, Figura 12 y Figura 13**).

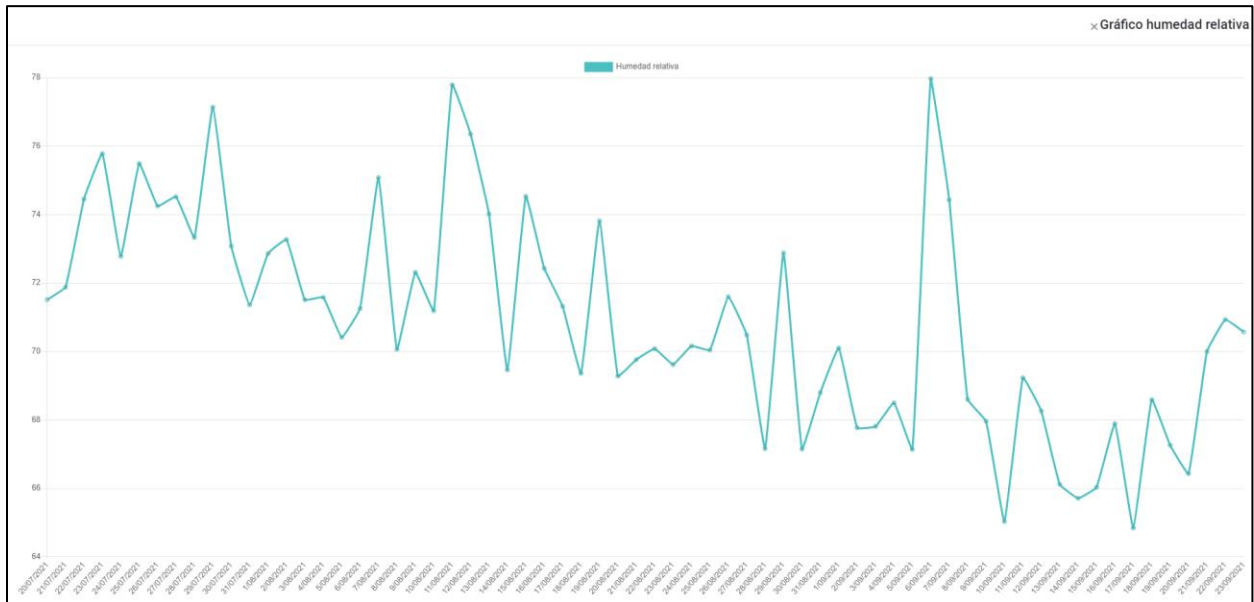


Figura 11. Registro diario de humedad relativa

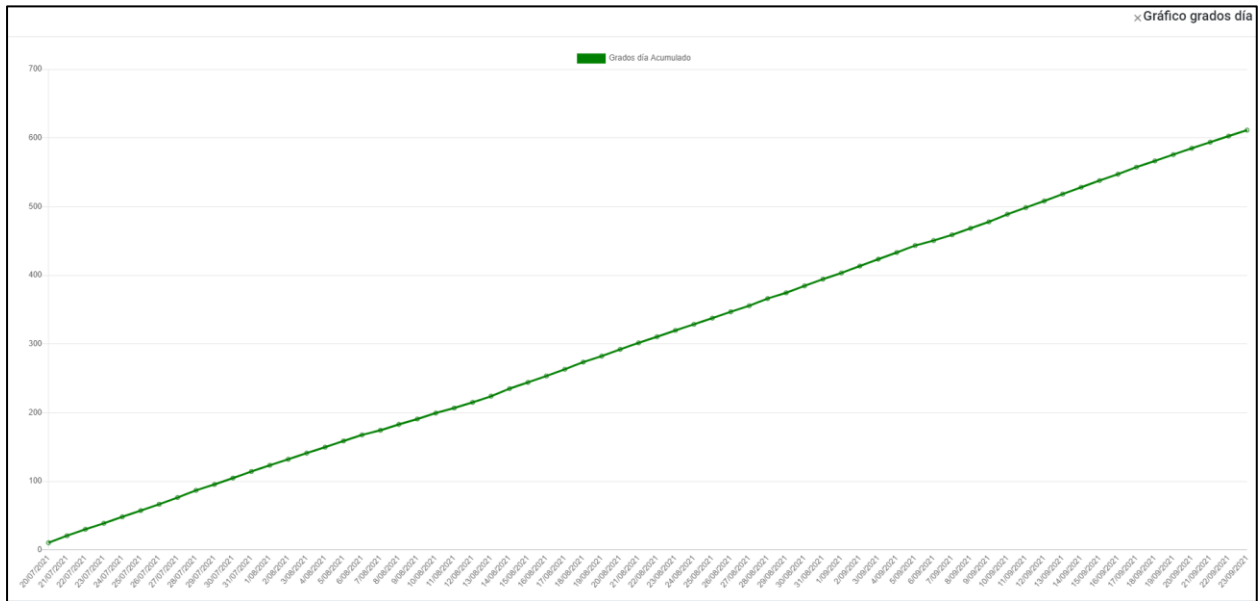


Figura 12. Registro de GDA desde fecha de floración

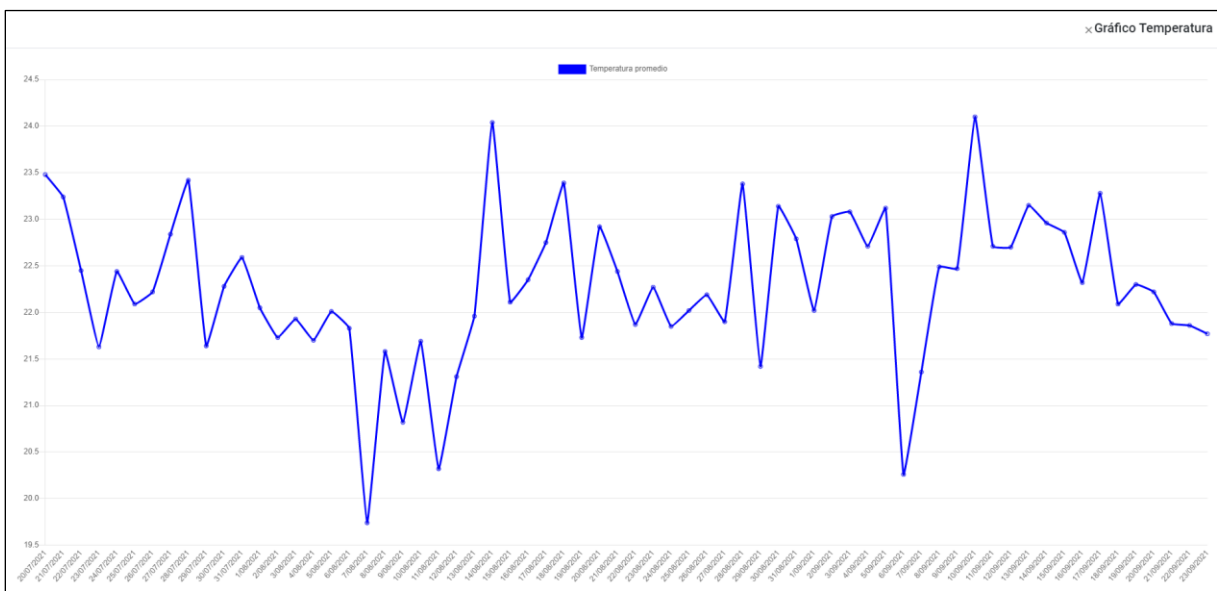


Figura 13. Registro de temperatura promedio desde fecha floración



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. 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 14):** El programa desarrollado considera como dato previo, la fecha de floración, y como dato de fecha final, a la fecha actual. A partir de la fecha de floración 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.

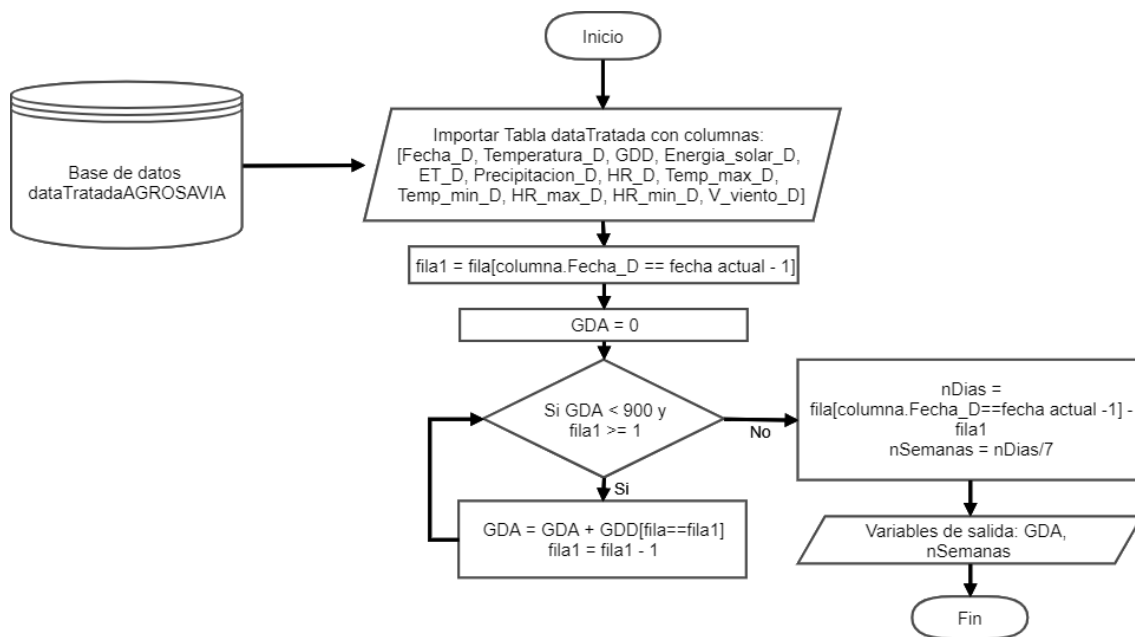


Figura 14: Descripción del diagrama de flujo BACKWARD



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

- **Operación FORWARD (Figura 15):** 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 y considerando fecha final a la fecha 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.

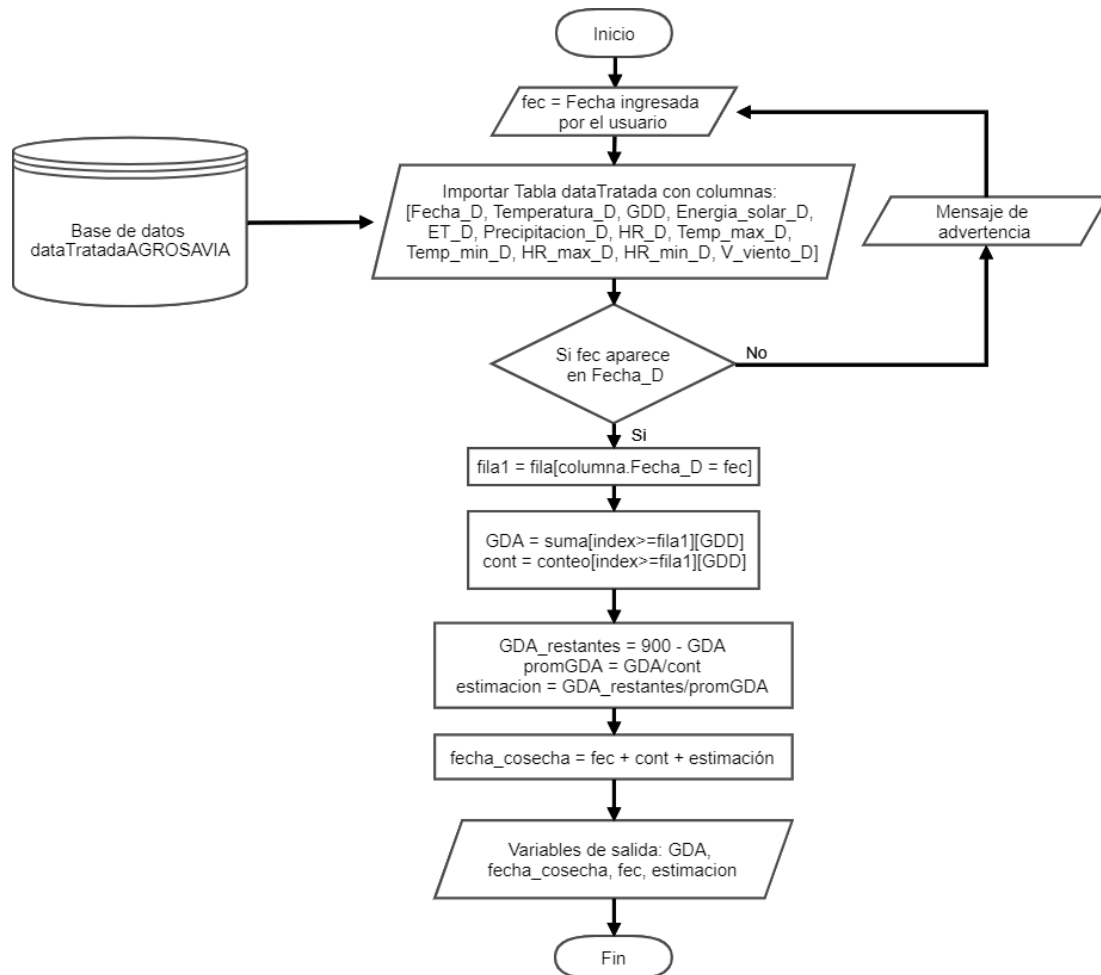


Figura 15: Descripción del diagrama de flujo FORWARD



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 el Potencial de crecimiento de nuevas hojas y para la determinación del tiempo entre la floración y cosecha (tanto en backward como en forward).

Se buscará como siguientes pasos implementar algunos gráficos de la variación de parámetros en el período de análisis, desarrollar los apartados de crecimiento de Biomasa, cálculo de nutrientes requerimos para suplir las extracciones de nutrientes acumulados por la fruta y la necesidad de riego a partir de la evapotranspiración y precipitaciones.

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_
- 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].
- 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. *García Orta serie Estudios 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

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org