



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

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

**Equipo Ejecutor
2022**





Códigos JEL: Q16

ISBN:

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 León, Carmen Lorena Chavarro Rodríguez, Diana Marcela Monroy Cardenas – AGROSAVIA; William Ipanaqué – Universidad de Piura; Juan Carlos Rojas – INIA Perú; y Domingo Rengifo – IDIAF República Dominicana.

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

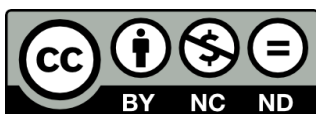


Tabla de Contenidos

Resumen	5
Introducción	6
MARCO TEÓRICO	8
• Producción nacional de banano y plátano en Colombia, Perú y República Dominicana	8
• Caracterización del sistema productivo de musáceas	10
➤ Diversidad genética	10
➤ Morfología	11
➤ Manejo agronómico del cultivo de banano y plátano	11
➤ Métodos de monitoreo de comportamiento del cultivo (desarrollo del cultivo, plagas y enfermedades)	14
METODOLOGÍA	15
• Diagnóstico sobre métodos de monitoreo de comportamiento del cultivo en Colombia, Perú y República Dominicana	15
➤ Recolección de información	16
- Colombia	16
- Perú:	18
- República Dominicana:	20
➤ Análisis de la información recolectada	21
• Diagnóstico de aplicativos similares en el mercado	22
➤ Análisis cuantitativo	23
➤ Aplicativos o modelos similares en el mercado	23



RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
• Diagnóstico sobre métodos de monitoreo de comportamiento del cultivo en los tres países	24
➤ Colombia.....	24
➤ Perú	29
➤ República Dominicana	36
• Diagnóstico de aplicativos similares en el mercado.....	50
➤ Análisis cuantitativo.....	50
- Indicadores de actividad y cuantitativos.....	50
- Indicadores de coocurrencia	54
- Mapa temático de tendencias	56
➤ Aplicativos o modelos similares en el mercado.	58
CONCLUSIONES	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
Instituciones participantes	70



Resumen

El proyecto AgTech ATN/RF-17245-RG financiado por FONTAGRO y ejecutado por AGROSAVIA, el IDIAF de República Dominicana, la Universidad de PIURA y el INIA de Perú, 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. Con el fin de establecer la línea base o punto de partida del proyecto, acerca de los métodos de monitoreo de comportamiento del cultivo que emplean los productores y técnicos en las zonas de influencia del proyecto y el uso de aplicaciones similares a la propuesta, el presente documento expone, en primer lugar, una caracterización de los productores y técnicos de los tres países, realizada a partir de la aplicación de una encuesta estructurada. En segundo lugar, se presenta un estudio de vigilancia científica con el objetivo de identificar el uso de aplicativos similares al aplicativo °AHOra en el mercado. Se encontró que hasta el momento no existe una App de uso libre dirigida a productores familiares de musáceas que incluya los cinco componentes o módulos que ofrece el aplicativo °AHOra (1. la tasa de emisión de hojas, 2. la fecha de cosecha, 3. predecir volumen de producción, 4. estimación de fertilizantes y 5. cuantificación de volumen de agua a aplicar en riego). Finalmente, se halló que la mayoría de los productores y técnicos están equipados y conectados al internet con celulares inteligentes, aunque la calidad de la señal en campo es variable y, a veces débil; la mayoría de los productores no consultan ni toman información climática para tomar decisiones de manejo del cultivo.

Palabras Clave: línea base, musáceas, productores familiares.



Introducción

Los cultivos de banano y plátano se extienden a más de 100 países distribuidos en diferentes regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo y contribuyen de manera importante a la seguridad alimentaria en los países en desarrollo por ser cultivados principalmente por pequeños productores (Scott, 2020). A nivel mundial estos cultivos son establecidos para consumo familiar y para abastecimiento nacional. Sin embargo, características del fruto como el sabor, y otros factores como los hábitos de consumo, demanda del mercado y las condiciones ambientales, tienden a influenciar su comercialización (Nguthi *et al.*, 1997).

La producción mundial de banano para el año 2019 fue de 128.778.738 toneladas (t) (FAOSTAT, 2020). El incremento en la producción global de este cultivo desde 1961-1963 hasta 2016-2018 fue aproximadamente de 100 millones de toneladas, mientras que la producción de plátano se expandió en 25 millones de toneladas (FAOSTAT, 2020). Este mismo patrón de crecimiento de producción se ha visto más acentuado en grandes regiones en desarrollo a lo largo del tiempo, donde África, Asia y Latinoamérica y El Caribe han tenido tasas más rápidas de crecimiento en los cultivos de musáceas en comparación con otros cultivos.

Por décadas, Latinoamérica tuvo un ritmo de producción más lento en comparación con Asia y África debido a brotes sanitarios, eventos meteorológicos adversos, restricciones en la exportación y la estrecha base genética de banano que dominó la región, entre la que se destacan cultivares del subgrupo Cavendish (Southgate y Roberts, 2016; Lescot, 2020). No obstante, para el periodo 2016-2018, de los 30 países productores en Latinoamérica y El Caribe, seis países representaron 23% de la producción mundial de banano, con 29 millones de toneladas, entre ellos Costa Rica (2,5), Guatemala (4,3), Brasil (6,8), Colombia (3,0), Ecuador (6,6) y República Dominicana (1,2 millones de toneladas) (FAOSTAT, 2020). Para el mismo periodo, la producción global de plátano en promedio fue de 41 millones de toneladas y en Latinoamérica fue dominada por Perú (2,3), Colombia (2,2) y República Dominicana (1,1 millones de toneladas) (FAOSTAT, 2020).

En comparación con el cultivo de banano, aproximadamente 90% de todo el plátano cosechado en Latinoamérica y El Caribe se destinó a consumo interno y principalmente de subsistencia de los productores de pequeña escala, para quienes el cultivo es fructífero todo el año, además, representa un beneficio debido a la capacidad de combatir la erosión del suelo en zonas de pendientes pronunciadas (Karamura *et al.*, 1998). En este sentido, prácticas de conservación del suelo en laderas cultivadas con plátano permitieron reducir la erosión del suelo en un 300%, aumentar su actividad microbiana, mejorar sus propiedades físicas, permitir mayor movimiento de agua y mejor aireación del sistema de raíces (Cardona *et al.*, 2019).



La creciente variabilidad de las condiciones meteorológicas a nivel mundial y la competencia por recursos necesarios tanto para la producción comercial como para la de consumo, se convierten en importantes limitaciones que deben ser atendidas desde la agricultura inteligente con el fin de obtener el mejor beneficio para los productores de musáceas.

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. Adicionalmente otros factores 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).

Conociendo la importancia de la incidencia de los factores climáticos en la producción y calidad de los cultivos de banano y plátano, y ante la necesidad de generar una herramienta que apoye en la toma de decisiones sobre el manejo agronómico del cultivo, el proyecto °AHOra, propone el desarrollo de una aplicación que busca mejorar la planificación y toma de decisiones de prácticas agronómicas en plantaciones de musáceas frente a la variabilidad climática, con especial referencia en la agricultura familiar de Colombia, Perú y República Dominicana. Con lo cual, el objetivo del presente documento es desarrollar una línea base que contenga información sobre la producción y métodos de monitoreo de comportamiento del cultivo en los tres países participantes del proyecto °AHOra, caracterizar los productores y técnicos de las regiones productoras de banano y plátano de los tres países, y realizar un diagnóstico del uso de aplicativos o existencia de plataformas de cálculos similares en el mercado.



MARCO TEÓRICO

- **Producción nacional de banano y plátano en Colombia, Perú y República Dominicana**

La **producción colombiana** de banano registró para el año 2019 a los departamentos de Antioquia, Magdalena y La Guajira, ubicados al noroeste y norte de Colombia con el 85% de la producción total de banano del país (1.845.130 t) (MADR, 2019). El sistema de producción de banano en Colombia se caracteriza por ser un sistema de siembra a gran escala y con manejo convencional. En las regiones productoras de Colombia los cultivares (cvs.) Valery y Gran enano se caracterizan por ser de porte medio y bajo respectivamente y son los más sembrados, debido a su buena adaptación, precocidad y alta productividad (Martínez y Cayón, 2011). Las exportaciones de banano entre enero y septiembre de 2021, totalizaron 684,1 millones de dólares FOB, lo que representó un incremento de 10,2% con respecto al mismo periodo del año 2020 (DANE, 2021). El comportamiento del sector bananero a nivel mundial posicionó a Colombia en el 2020 como el cuarto país exportador con USD 990,3 millones, siendo uno de los 10 principales productos exportados.

Por su parte, el cultivo de plátano hace parte del sector calificado como uno de los cultivos permanentes que tiene mayor presencia en el sistema económico campesino y cuyo producto es el más importante para la seguridad alimentaria de los colombianos, con un consumo per cápita de 155 kg al año 2009 (Conecta Rural, 2009; MADR, 2021). El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2019) reportó su distribución en los 32 departamentos de Colombia, en 786 municipios, siendo los departamentos de Antioquia, Valle del Cauca y Quindío los de mayor área establecida. En Colombia, el cultivo de plátano tiene especial significado para la economía, ya que representa 9.69% del valor de la producción agrícola que para el año 2020 tuvo un crecimiento del PIB del 6,8%, aportando una producción de 4.279.833 toneladas por año, en un área estimada de siembra de 460.807 hectáreas (ha) (MADR, 2021). A nivel mundial, Colombia participa con el 8% de exportaciones mundiales después de Laos, Guatemala y Ecuador (MADR, 2021) con un volumen de exportación para el 2020 de 141.029 t de plátano, mostrando un incremento del 23,85% frente al año 2019 (SICEX, 2021).

Este fruto es uno de los principales productos de la canasta familiar y se utiliza en la agroindustria para la producción de harina y alimentos concentrados para la alimentación animal. Además, más del 80% de este cultivo se concentra en pequeños productores cuyas áreas no superan las cinco hectáreas, por lo que es difícil estimar su producción anual con exactitud. Según el DANE, citado por MADR (2020) existen familias plataneras, correspondientes a 213.950 UPA (unidades de producción agropecuaria) en Colombia. El subsector genera 960.000 empleos directos e indirectos.



República Dominicana por otro lado, es el mayor productor mundial de banano orgánico, representando más de 55% de la producción mundial de banano orgánico. El sector agrícola en el país representa alrededor de 6,5% del producto interno bruto (PIB) y genera 21% de todas las exportaciones, e involucra la participación directa o indirecta de 31 % de la población, siendo el banano un rubro de importancia. El 25% de la producción de banano orgánico proviene de pequeños productores con parcelas de 1,6 ha o menos ubicadas en la Provincia de Azua. La producción restante se ubica en las Provincias Valverde, Monte Cristi y Dajabón, para una superficie total de 20.172 ha de tierra bajo cultivo de banano y aproximadamente 1.815 productores orgánicos (CIRAD, 2014).

La variedad de bananos más utilizada es Cavendish con 88.9% de área sembrada y 11,1% correspondiente a Cavendish gran enano. El 66,7% de los cultivos de banano en República Dominicana se caracteriza por usar cobertura de leguminosas para el control de malezas y en su mayoría el riego se realiza por gravedad ya que 96% de los terrenos utilizados para la siembra de banano se caracterizan por ser planos, lo que facilita su inundación por el sistema de riego por gravedad (Soriano, Díaz y Vásquez, 2019).

Perú, también como exportador mundial de banano orgánico representa 3% de la producción mundial de banano. En 2014 el país reportó un área de siembra de banano de alrededor de 5.500 ha concentradas en las regiones septentrionales de Piura, Tumbes y Lambayeque. La producción peruana se concentra principalmente en pequeños productores con parcelas de menos de tres ha con un rendimiento de 25 a 35 t/ha y desde que el país comenzó la conversión de convencional a orgánico a finales de los años noventa, más del 80% se ha concentrado en el Valle del Chira en Piura (FAO, 2016).

En el año 2013 la producción total de banano de Piura fue de 251.540 t, siendo 224.760 t orgánicas y 26.780 t convencionales, representando 89% y 11% respectivamente (Dirección Regional de Agricultura Piura, 2014). El clima tropical seco en la zona de mayor producción, así como la calidad de los suelos ha permitido el desarrollo de esta industria bananera en la zona norte, obteniendo cosechas de gran calidad durante todos los meses del año (Yamamoto, 2015). El 90% de la producción nacional de banano se destina para autoconsumo destacando las variedades comerciales 'Seda' (Cavendish, Gros Michell), 'Isla', 'Moquicho o Biscochito' y 'Capirona', mientras que entre las principales variedades comerciales de plátano destacan 'Bellaco', 'Bellaco Plátano' e 'Inguiri'.



- **Caracterización del sistema productivo de musáceas**

- **Diversidad genética**

Los bananos y plátanos son monocotiledóneas de porte alto, originados de cruzamientos intra e inter-específicos entre *Musa acuminata* Colla (genoma A) y *Musa balbisiana* Colla (genoma B) que pertenecen a la familia Musaceae. Estas especies diploides provienen de los genomas A y B, respectivamente (Simmonds y Shepherd, 1955; Simmonds, 1962) y en orden de importancia económica, existen bananos triploides (AAA, AAB y ABB), diploides (AA y AB) y tetraploides (AAAA, AAAB y AABB). Los principales cultivares comerciales son triploides, altamente estériles, partenocárpicos y propagados asexualmente (Simmonds y Shepherd, 1955; Simmonds, 1962).

Entre los diferentes sistemas de producción de musáceas, los bananos tropicales de exportación son principalmente conocidos como “de postre” y se cultivan en América Central y del Sur, el Caribe, África Occidental y Filipinas. Estos pertenecen al subgrupo Cavendish (*Musa* AAA) y constituyen la base de la mayor parte del consumo comercializado (15%) y local (28%) en todo el mundo (Ploetz *et al.*, 2015).

Según este sistema, el grupo *Musa* AAA tiene tres subgrupos: Cavendish, Gros Michel y Green-Red según lo propuesto por Cheesman *et al.* (1933). El subgrupo Cavendish lo conforman accesiones con características morfológicas semejantes entre los individuos como 'Enano Chaparro', 'Enano 1', 'Enano 2', 'Enano Gigante', 'Dwarf Lacatán', 'Golden Beauty', 'Robusta A' y 'Robusta B', todos ellos triploides AAA, de uso comercial por el sabor dulce de su fruta, con racimos delgados pero dedos gruesos (16-20 dedos/mano), de porte bajo (muy bajo, como en el caso del 'Enano Chaparro') a medio, pseudotallo grueso y de color verde, y son susceptibles a Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* M. Morelet) y *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* - TR4 (Nadal-Medina *et al.*, 2009; Maryani *et al.* 2019).

El subgrupo Gros Michel se caracteriza por frutos medianos a grandes, de piel áspera, pulpa blanca, textura fina, dulce y aromática. Produce 9-12 mamos/racimo y es altamente susceptible a la enfermedad conocida como Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*), por lo que durante la década de 1990 los cultivos de Gros Michel a nivel mundial fueron sustituidos por el subgrupo Cavendish (Arias *et al.*, 2010).

En otra agrupación se concentran cultivares que presentan ambos genomas (A y B), los cuales pertenecen a diferentes subgrupos como "Plantain" ('Macho'), "Cavendish" ('Valery' y 'Rambao') y "Red" ('Morado' y 'Norteño'), cuyas características morfológicas en altura y color del pseudotallo, forma del racimo y tipo de fruta, son diversas y se conocen como bananos “de cocción” (Daniells *et al.*, 2001).



➤ **Morfología**

Las musáceas son plantas monocotiledóneas, herbáceas y perennes, su tallo verdadero o cormo es subterráneo y de él emergen de forma vertical las hojas y las vainas basales de las hojas que se envuelven una sobre otra para formar el pseudotallo alcanzando de 3,5 a 7,5 m de altura terminando en una corona de hojas.

Las hojas son simples, grandes, y dispuestos en filotaxia circular, con una longitud de 1,5-4 m de largo por 0,7-1 m de ancho, con una pronunciada vena central y venas paralelas. Unas 25 a 50 hojas emergen con 10 a 15 hojas funcionales. Después de la emergencia de las flores, no se producen más hojas; por lo que la planta debe tener el mayor número posible de hojas funcionales en ese momento (Duarte y Paull, 2011).

Las raíces adventicias que salen del cormo forman una densa capa y se propagan ampliamente de los padres hasta 4-5 m hacia los costados y 75 cm hacia abajo. La planta tiene yemas laterales que producen brotes que se convertirán en las cosechas sucesivas en los siguientes años. Los hijuelos pueden ser de dos tipos: hijuelos de espada, con hojas estrechas y pseudotallo de forma cónica, o hijuelos de agua de hojas anchas y pseudotallo cilíndrico, estas últimas se eliminan para dar paso al hijo de espada y convertirse en el próximo ciclo del cultivo (Karamura, Karamura y Blomme, 2011).

La inflorescencia emerge a través del pseudotallo y consiste en grupos de dos hileras de flores encerradas dentro de las grandes brácteas rojizas de cada nudo. Las flores en cada nudo se conocen como una mano; cada mano tiene 12-20 flores por nudo y hay 5-15 manos con flores femeninas. El fruto, a pesar de que se desarrolla a partir de un ovario inferior, es una baya. El exocarpio (piel externa) está formado por la epidermis y la capa aerénquima, siendo la pulpa el mesocarpio (Duarte y Paull, 2011; Karamura, Karamura y Blomme, 2011).

La maduración de la fruta en los trópicos es de 85-110 días después de la emergencia de la inflorescencia y el desarrollo de la fruta puede tardar hasta 210 días en los subtrópicos más fríos, o bajo condiciones de cielo cubierto. La madurez de cosecha para su comercialización es cuando el fruto todavía presenta algunas angulosidades y ha alcanzado el 75% de su máximo tamaño potencial. El banano (para postre) de exportación se cosecha en los trópicos a las 14-15 semanas después de la emergencia de la flor, mientras que los plátanos (de cocción) se cosechan después de 11-12 semanas (Martínez y Cayón, 2011).

➤ **Manejo agronómico del cultivo de banano y plátano**

La producción de fruta de calidad para el mercado de exportación depende de cinco factores principales: (a) suelos y nutrición vegetal, (b) drenaje e irrigación, (c) tipos de cultivares cultivados (d) densidades de siembra y manejo de los hijos; y (e) manejo de plagas y enfermedades. Una



deficiencia en cualquiera de estos factores puede afectar negativamente la calidad y el rendimiento de la fruta (Panigrahi *et al.*, 2021).

El banano se adapta a un amplio rango de altitudes, desde 0 hasta 2000 msnm, y temperatura promedio entre 20 y 30 °C. La temperatura como principal factor regulador del desarrollo del cultivo ha demostrado que dentro del rango 20 a 30 °C se han encontrado los mejores rendimientos y ciclos cortos, pues en temperaturas inferiores a 15 °C se detiene el crecimiento (Berrocal, 2021). Requiere de 2000 horas luz promedio anual y una precipitación de lluvias anual promedio de 2000 mm. Los suelos más aptos para su siembra y explotación son los de reacción neutra (pH 6,5 – 7), aunque también tolera los ligeramente ácidos y alcalinos, considerándose por lo tanto apropiado para su siembra todos aquellos suelos que presentan un pH comprendido entre 5,5 y 7,2. Los suelos deben ser sueltos, ricos en materia orgánica, fértiles y con buen drenaje para evitar la asfixia radical (Távora, 2020).

Por su parte, el cultivo de plátano se adapta a un amplio rango de altitudes (desde 0-2000 msnm); esta condición determina la duración del periodo vegetativo de acuerdo con la variedad. Otro factor de importancia es la temperatura, dado que afecta la frecuencia de emisión de las hojas y puede influir en que el periodo vegetativo de la planta sea más largo o corto; la temperatura óptima para el cultivo de plátano es 26°C. El plátano requiere para su normal desarrollo y buena producción, precipitaciones bien distribuidas de 120-150 mm mensuales o 1800 mm anuales, con una humedad relativa de 75-80%, vientos inferiores a 20 Km/h, suelos con topografía ondulada a plana, profundos, bien drenados, fértiles y con buena cantidad de materia orgánica, de texturas medias y sueltas (franco arenoso a franco-arcillo-arenosos) (Corpoica, 2006; DANE, 2014).

Las actividades de siembra inician desde la selección del área de cultivo de plantas madre y el material a sembrar, lavado y desinfección de los cormos, exposición de yemas y fraccionamiento del corno para dejar una sola yema por cada corte (Herrera y Colonia, 2011). Diferentes investigaciones han demostrado las ventajas que representa disponer de huertos madre conformados por plantas de la variedad de plátano regional adaptada, pues ofrecen un mayor potencial productivo, permiten un buen manejo agronómico, menor riesgo fitosanitario y facilitan la selección de las plantas madre élite que sirven como fuente de semilla de buena calidad (Cardona *et al.*, 2020).

Existen diferentes tipos de semilla producidos por la planta madre conocidos como cepa, colino, aguja y bandera, con pesos entre 0,8 y 1,5 Kg, los cuales se pueden sembrar directamente en campo (Rodríguez *et al.*, 2018). Sin embargo, el material de siembra recomendado para sistemas de altas densidades y sus relevos corresponde a plántulas de plátano con 5 o 6 hojas desarrolladas seleccionadas por sanidad, tipo de racimo, peso del racimo y calidad (dedos de primera) (Valencia, 2017).

Los arreglos de siembra varían de acuerdo con el sistema de cultivo a establecer, así un monocultivo de alta densidad podrá establecer hasta 2.500 plantas por hectárea variando las



distancias de siembra entre 4 x 1, 2 x 2 o 2,5 x 2 metros entre surcos y plantas respectivamente (Cardona et al., 2020). Los sistemas asociados en alta densidad y los monocultivos tradicionales pueden alcanzar 1.600 plantas/ha o más según la variación de la distancia entre surcos, generalmente, en función del cultivo en asocio (Cardona et al., 2020).

La calidad del racimo y su vida útil se encuentran estrechamente relacionadas con la materia orgánica presente en el suelo y la nutrición de la planta. La elaboración de un plan eficiente de fertilización en cualquier cultivo involucra diferentes criterios necesarios para garantizar una alta productividad de la especie con un esquema de buenas prácticas agrícolas. Para el cultivo de musáceas se recomienda la realización de un análisis de fertilidad de suelo que permitirá interpretar las características del suelo analizado, la disponibilidad de nutrientes para el cultivo y el manejo óptimo de la fertilización en las diferentes etapas fenológicas del cultivo (Cardona et al., 2020).

El cultivo de plátano no extrae elevadas cantidades de nutrientes del suelo, y de lo que extrae, regresa en promedio el 76 % mediante los residuos de cosecha (raquis, hojas y pseudotallo), el 24 % restante corresponde a los racimos cosechados que son comercializados y, por tanto, salen del sistema (Aránzazu et al., 2002).

Cardona et al. (2020) recomiendan, después de realizados los análisis de fertilidad de suelo o foliar y considerar los requerimientos del cultivo de plátano, aplicar las enmiendas, de ser necesario, un mes antes de la siembra en cada hoyo. Aplicar fertilización orgánica y biológica al momento de la siembra en la parte media y superior del cormo y dos meses después de la siembra aplicar 25 % de la dosis recomendada para el ciclo, ya que en este periodo la planta entra en un periodo de crecimiento acelerado. Entre los 5 y 7 meses se recomienda hacer una segunda fertilización fraccionada, aplicando 50% de la dosis total anual de fertilizantes a base de nitrógeno y potasio y a los 10 meses, cuando inicie la floración aplicar el 25% restante de la dosis total anual dirigida al colino o planta seleccionada para el segundo ciclo de producción.

Otra de las técnicas culturales comunes es el deshojado que consiste en la eliminación y limpieza de las hojas secas o dobladas en la base de los racimos en busca de una mayor exposición de los racimos a la luz, permitiendo que su descomposición progresiva favorezca la fertilidad del suelo al contribuir al cierre del ciclo de nutrientes del cultivo (Vargas, 2013; Valencia, 2017). El deshije o desmache se considera la práctica más importante para la producción y vida útil del cultivo y consiste en la eliminación selectiva de aquellos colinos o brotes que por criterio de ubicación y densidad poblacional no fueron seleccionados para el siguiente ciclo productivo. Por último, el desbellote es una práctica opcional que consiste en eliminar la bellota del racimo cuando queda al descubierto la última gaja, buscando mejorar el llenado de los frutos, incrementando su peso, especialmente para las cultivariedades Dominico (Aranzazu et al., 2002).



➤ **Métodos de monitoreo de comportamiento del cultivo (desarrollo del cultivo, plagas y enfermedades)**

La combinación de diferentes métodos de manejo que buscan el monitoreo del comportamiento de plagas, enfermedades y crecimiento y desarrollo del cultivo de musáceas se basan en los principios de reconocimiento, monitoreo, prevención e intervención.

El reconocimiento se basa en la observación y distinción de los diferentes estados de desarrollo de la planta o de plagas y enfermedades que se puedan presentar en el cultivo y los daños que pueden causar. Por su parte, el monitoreo es una actividad muy importante para mantener los cultivos en estado óptimo y recoger la información necesaria para definir las acciones de intervención. Cardona et al. (2020), recomiendan llevar un monitoreo semanal o quincenal del lote en recorridos formando un zigzag, “X” o “W”, evaluando al menos 10% de las plantas establecidas y revisar si las plantas seleccionadas presentan óptimo crecimiento y desarrollo o daños causados por plagas o enfermedades, para lo que se puede realizar un registro en planillas. La prevención se lleva a cabo durante la realización de labores de mantenimiento del cultivo en las etapas vegetativa, reproductiva y productiva que permitan evitar el aumento de los problemas observados o el monitoreo de resultados de los planes de manejo establecidos para un fin. Por último, la intervención o implementación de estrategias responsables de manejo (legal, físico, biológico, etológico y químico) para prevenir el aumento del problema en el cultivo.

Las variables a tener en cuenta para el monitoreo del óptimo crecimiento y desarrollo de las plantas en los cultivos de musáceas incluyen la medición de la altura de la planta al momento de la floración, el perímetro del pseudotallo a 1 m del suelo al momento de la floración, los días a cosecha, el peso del racimo con raquis, el número de manos por racimo, el número de dedos por racimo, longitud por la curvatura externa y perímetro del dedo central de la tercera mano y el número de hojas funcionales presentes a floración y cosecha o que presentan más del 50% del área fotosintética activa (IDIAF, 2004).

Por su parte, el manejo integrado de plagas y enfermedades se basa generalmente en el monitoreo semanal de daños en las plantas muestreadas y el número de insectos encontrados en cada monitoreo en relación con el número total de trampas instaladas, así como en la prevención o uso de prácticas culturales como medida de control para la reducción de las condiciones favorables para la propagación de plagas y enfermedades. Por último, la intervención consiste en el caso de las plagas, en la captura de insectos adultos mediante la instalación de trampas a partir de los pseudotallos de las plantas cosechadas (Cardona et al, 2020). Luego en los monitoreos se debe realizar la recolección, conteo y destrucción manual de los individuos capturados en cada trampa. En caso de que se presente una alta población de insectos en las trampas o una alta incidencia de enfermedades, el cultivo deberá ser tratado con agroquímicos de baja categoría toxicológica registrados para el uso en el cultivo de musáceas.



Dentro de las diferentes plagas que afectan al cultivo de musáceas se incluye el complejo de picudos conformado por el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), el picudo rayado (*Metamasius hemipterus*) y el picudo amarillo (*Metamasius hebetatus*), el gusano tornillo, las cochinillas y ácaro (*Tetranychus urticae*). El manejo integrado de picudos en las plantaciones de plátano incrementa la producción en 1,3 t/ha sembrada y reduce la pérdida de sitios productivos, evita la reducción en el peso de racimo hasta en 20% durante el primer ciclo y hasta el 60% en el tercer ciclo, mantiene el tiempo normal estimado del ciclo de cultivo y disminuye los costos de aplicación de fertilizantes e insecticidas. En cuanto a enfermedades, las de mayor incidencia en cultivos de musáceas son la sigatoka negra causada por el hongo (*Mycosphaerella fijiensis*), el marchitamiento bacteriano causado por la bacteria (*Ralstonia solanacearum*) y en algunas zonas, la marchitez causada por Fusarium Raza 4 Tropical- Foc R4T, que afecta especialmente al banano Cavendish. En junio de 2019, se identificaron los primeros síntomas de la marchitez de las musáceas en dos fincas bananeras en el departamento de La Guajira, en el noreste de Colombia (ICA. 2019); no obstante, estos focos fueron sometidos a cuarentena y se logró contener el brote. En diciembre de 2021, el ICA confirmó la presencia del hongo en el departamento del Magdalena, municipio Zona Bananera. Desde la sospecha, el ICA implementó los protocolos establecidos en el 2019 para la prevención y manejo del patógeno con el establecimiento de la cuarentena vegetal del predio afectado, por lo que se confía que rápidamente se contenga el brote (ICA. 2021).

METODOLOGÍA

La presente nota técnica tiene dos finalidades: 1) caracterizar los productores y técnicos de las regiones productoras de banano y plátano de los tres países participantes del proyecto °AHOra y diagnosticar los métodos de monitoreo de comportamiento del cultivo que emplean, y 2) determinar si existen aplicativos similares al que pretende desarrollar el proyecto °AHOra en el mercado. Teniendo en cuenta lo anterior, se llevaron a cabo dos actividades encaminadas a alcanzar esas metas (diagnóstico sobre métodos de monitoreo de comportamiento del cultivo y diagnóstico de aplicativos similares en el mercado), cuya metodología se describe a continuación:

- **Diagnóstico sobre métodos de monitoreo de comportamiento del cultivo en Colombia, Perú y República Dominicana.**

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



➤ Recolección de información

- Colombia.

El sector bananero colombiano cuenta con diversos tipos de productores: pequeños productores (área sembrada hasta de 22 ha), medianos productores (área sembrada mayor a 22 ha y menor a 80 ha), y grandes productores (área mayor a 80 ha). Los productores de banano del país cuentan con distintas formas de organización, estando agrupados en gremios, comercializadoras, asociaciones o cooperativas, o productores independientes.

En los departamentos del Magdalena y La Guajira en Colombia, zonas de influencia del proyecto °AHoRa en Colombia, en donde las áreas productivas de estos departamentos alcanzan 22.665 ha (MADR, DANE y Secretarías Municipales, 2019), hacen presencia principalmente dos gremios: AUGURA -Asociación de Bananeros de Colombia y ASBAMA -Asociación de Bananeros del Magdalena y La Guajira. En cuanto a las compañías comercializadoras se encuentra Unibán, Banacol, C.I. Técbaco S.A., C.I. Banasan S.A., entre otras. En lo que respecta a las asociaciones se encuentran las cooperativas EMPREBANCOOP; COOBAMAG; COOMULBANANO; COOBAFRIO; ASOBANARCOOP, BANAFRUCOOP, y COODEBAN, etc. En la **Tabla 1**, se presenta un resumen del número de productores a los que beneficiará el proyecto y las asociaciones a las que están vinculados. No obstante, esto no quiere decir que el aplicativo no tenga un potencial de adopción en medianos o grandes productores de estas mismas regiones y a futuro en otras regiones productoras de Colombia.

Tabla 1: Número de pequeños productores de banano y plátano en Colombia.

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



Pequeños productores Independientes	Magdalena	19		19
TOTAL DE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE BANANO				522

Cooperativas/asociaciones de productores de plátano	de	Ubicación	Número de productores
Cooperativa de productores de plátano de Dibulla- COOGRUPADI		Dibulla- Guajira La	102
Asociación de productores de plátano de cuatro veredas- ASOPROCUATRO		Dibulla- Guajira La	27
Pequeños productores de plátano		Dibulla- Guajira La	187
TOTAL DE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE PLÁTANO			316

Fuente: (Elaboración propia).

Después de la identificación general de los actores en la cadena de valor de productores de musáceas de Magdalena y La Guajira, se planteó la delimitación de un marco muestral de actores mediante la aplicación de la fórmula estadística de estimación de muestras en conjuntos finitos descrita por Martínez-Reina et al. (2020) (ecuación 1).

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

Donde:

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

N: La población o conjunto total de actores identificados por país. Para el caso de Colombia estuvo representada por 522 productores de banano y 316 productores de plátano, para un total de 838 productores.

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

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

p: La variabilidad negativa, 50 %.

q: La variabilidad positiva, 50 %.

$$n = \frac{838 * 0,95^2 * 0,5 * 0,5}{[(838-1) * 0,05^2] + (0,95^2 * 0,5 * 0,5)} = 81,56 \text{ productores a encuestar}$$

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



Para la obtención de los datos necesarios para la clasificación de los agricultores de banano y plátano de los departamentos de Magdalena y La Guajira, se definió y aplicó una encuesta estructurada, la cual tuvo un total de 102 variables distribuidas en siete componentes: 1) información básica del encuestado (9 preguntas), 2) específica del miembro directivo (23 preguntas), 3) específico técnico (15 preguntas), 4) específico productor (14 preguntas), 5) registros del cultivo y uso de datos climáticos en las zonas seleccionadas (15 preguntas), 6) disponibilidad de TIC's por parte del encuestado en las zonas seleccionadas (15 preguntas) y 7) estrategias para la mejora continua y Benchmarking (11 preguntas). Debido a la emergencia sanitaria con ocasión de la pandemia derivada del Coronavirus Covid-19, fue complejo completar el tamaño muestral definido (82 encuestas). No obstante, se encuestaron 68 personas (45 productores, 19 técnicos y 4 miembros directivos de asociaciones), que abarcan aproximadamente el 8% de la población focal (838 personas). La aplicación de las encuestas se realizó bajo dos técnicas de recolección de información: grupal y personalizada. La primera, se desarrolló con grupos de productores miembros de asociaciones; la segunda, se realizó directamente en predios con cada productor, y en ambas, el diligenciamiento estuvo bajo la dirección de personal Agrosavia, C. I. Caribia.

- **Perú:**

Las zonas productoras de banano orgánico en la costa norte de Perú se encuentran ubicadas en la región de Tumbes, Piura, Lambayeque y la Libertad; siendo la región Piura la que tiene la mayor área de producción, con 9.293.00 hectáreas (DRAP, 2017 citado por INIA, 2021).

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

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

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



Sin embargo, los promedios de productividad por hectárea lejos de incrementarse, presentan una tendencia a la baja, como resultado de diversos factores relacionados con el manejo de la producción en campo, plagas emergentes (Thrips de la mancha roja, escamas, arañita roja), cambio climático (reducción de las temperaturas mínimas afectan el desarrollo vegetativo lo que ocasiona el “arrepollamiento”), deficiente manejo del agua para riego (estrés hídrico), nutrición ineficiente, deficiencias en los procesos de cosecha y post cosecha (incremento de la fruta descartada) y disponibilidad limitada de material de propagación de calidad genética y fitosanitaria, que si bien existe una oferta de plantas de meristemo, su alto precio no es accesible para el pequeño productor que sigue utilizando hijuelos con un alto riesgo de enfermedades y limitaciones genéticas en producción.

Los productores de banano orgánico de la región Piura se caracterizan por presentar áreas entre 0,25 a 1,5 ha, los cuales están agrupados en organizaciones (asociaciones o cooperativas), siendo las principales organizaciones: AVACH, APBOSMAM, APPBOSA, COPAG entre otras, superando las 50 organizaciones (**Tabla 2**).

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

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

Fuente: Elaboración propia.



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

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

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

- **República Dominicana:**

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

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

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



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

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

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

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

➤ Análisis de la información recolectada

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

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

Luego, se realizó el análisis de correspondencia múltiple con el software estadístico R, función MCA método de Burt para seleccionar las variables que más aportan al modelo. Finalmente, con las variables seleccionadas se realizó el dendograma a través de Hierarchical Clustering on Principal Components (HCPC) con el método de Ward y se realizó un análisis multivariado por componentes principales, el cual, se basa en el teorema de Huygens que permite descomponer la inercia total (varianza total) entre y dentro de la varianza del grupo. El método de Ward consiste en agregar dos grupos de manera que el crecimiento de la inercia sea mínimo (en otras palabras,



minimiza la reducción de la inercia intermedia) en cada paso del algoritmo. La inercia interna caracteriza lo homogéneo de un grupo y la jerarquía está representada por un dendrograma que está indexado por la ganancia de inercia (Husson *et al.* 2010).

- **Diagnóstico de aplicativos similares en el mercado**

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

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

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

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

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

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



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

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

➤ Análisis cienciométrico

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

➤ Aplicativos o modelos similares en el mercado

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



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- **Diagnóstico sobre métodos de monitoreo de comportamiento del cultivo en los tres países**

- Colombia

Con la información obtenida de las encuestas, se depuraron los datos y se conformó una matriz con 51 variables cualitativas, de las cuales, a través del análisis de correspondencia múltiple, se realizó la selección de 30 variables teniendo en cuenta su poder discriminante para lograr la caracterización y tipificación, ya que representaban 60 % de la expresión de la variabilidad del total de las variables estudiadas (**Tabla 4**), lo cual es adecuado de acuerdo con Pla (1986) y Lezzoni y Pritts (1991), quienes señalaron que valores superiores al 40% suelen ser suficiente para realizar análisis adecuados. Así mismo, Giraud y Morantes (2017) señalaron que del análisis multivariado se deben seleccionar las variables que más aportan a las varianzas de cada eje o componente principal, es decir, aquellas cuyo coeficiente de correlación sea superior a 0,6. Esas variables fueron: ¿Cuál es la densidad de siembra del cultivo (J), ¿Qué tipo de tenencia de la parcela de banano y/o plátano tiene(L), describa el parentesco y la labor que desempeñan (M), ¿Qué variedades de banano y/o plátano maneja en su finca – (N), ¿Con qué tipo de certificaciones cuenta su cultivo de banano y/o plátano (O), ¿Qué tipo de sistema de riego utiliza (P), ¿Cuál es el tipo de suelo de su finca (R), ¿Dónde consulta información climática para la toma de decisiones del manejo del cultivo de banano y/o plátano (S), ¿Cuáles datos climáticos toma en la parcela o finca (T), ¿Qué tipo de instrumento utiliza para tomar estos datos climáticos (U), ¿Con qué criterio estima las necesidades hídricas del cultivo (V), ¿Qué dificultades tiene en tomar y registrar esta información (X), ¿Quién es la persona encargada de tomar los datos del cultivo en campo (Y), ¿La persona encargada de tomar los datos en campo está capacitada para esta labor (Z), ¿En qué medio registra la información del cultivo (AA), Número de años de registros que tiene anotado y disponible (AB), ¿Quién es la persona encargada de llevar los registros históricos del cultivo (AC), ¿Qué tipo de análisis realiza con los datos (AD), ¿Quién es la persona encargada de analizar los datos registrados (AE), ¿Qué tipo de celular usa (AF), ¿Posee conexión a internet desde su celular (AG), ¿Desde su celular consulta información técnica del cultivo (AH), ¿Tiene computador en su casa u oficina (AI), ¿Posee conexión a internet en su casa u oficina (AJ), ¿Con qué frecuencia usa el internet para conseguir información sobre el manejo de banano y/o plátano(AN), ¿Cuáles temas técnicos de manejo del cultivo de banano y/o plátano ha consultado en internet en el último mes (AO), ¿Qué aplicaciones y/o programas usa en el celular y/o computador como apoyo para el manejo del cultivo de banano y/o plátano (AP), ¿Por parte de quien ha recibido capacitaciones sobre el manejo y/o uso de aplicaciones móviles para generar recomendaciones del cultivo de banano y plátano en el último año(AQ), ¿Cómo califica el riesgo en el negocio de producir banano de exportación hoy comparado con años atrás(AY), y por último ¿Usted



considera que poder conocer y utilizar datos de clima y producción en su cultivo de plátano y banano puede ayudar a mejorar la productividad, rentabilidad y reducir riesgo en su plantación(AZ).

Tabla 4. Coeficiente de determinación de las 30 variables seleccionadas en cada una de las dimensiones de la encuesta realizada en Colombia. Fuente: Los autores.

VARIABLES	DIMENSIONES				
	Dim 1	Dim 2	Dim 3	Dim 4	Dim 5
J	0,143	0,631	0,581	0,352	0,259
L	0,143	0,640	0,556	0,056	0,104
M	1,000	0,683	0,492	0,597	0,523
N	0,999	0,493	0,271	0,285	0,043
O	0,999	0,448	0,246	0,048	0,188
P	1,000	0,550	0,371	0,070	0,035
R	0,999	0,587	0,617	0,177	0,133
S	0,999	0,385	0,368	0,075	0,105
T	0,999	0,510	0,286	0,015	0,032
U	0,999	0,366	0,173	0,015	0,016
V	0,999	0,752	0,589	0,019	0,103
X	0,999	0,611	0,488	0,172	0,083
Y	0,999	0,474	0,232	0,115	0,107
Z	0,999	0,725	0,606	0,238	0,273
AA	0,999	0,366	0,089	0,117	0,244
AB	0,999	0,520	0,083	0,005	0,005
AC	0,999	0,481	0,022	0,040	0,012
AD	0,999	0,338	0,125	0,023	0,028
AE	0,999	0,394	0,015	0,045	0,018
AF	0,999	0,448	0,121	0,025	0,010
AG	0,999	0,288	0,055	0,135	0,049
AH	0,999	0,234	0,253	0,173	0,317
AI	0,999	0,474	0,159	0,170	0,027
AJ	0,999	0,195	0,085	0,360	0,300
AN	0,999	0,263	0,259	0,476	0,454
AO	0,999	0,177	0,153	0,748	0,615
AP	0,999	0,174	0,144	0,593	0,501
AQ	0,999	0,129	0,071	0,615	0,653
AY	0,055	0,657	0,580	0,102	0,157
AZ	1,000	0,472	0,171	0,018	0,097



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

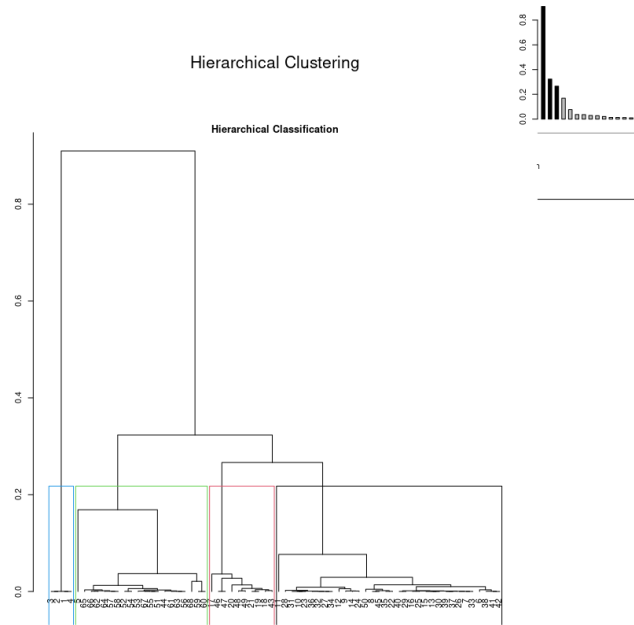


Figura 1. Agrupación de cuatro tipos de productores de musáceas en el departamento del Magdalena y La Guajira- Colombia, con base en las 31 variables agronómicas y económicas priorizadas.

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

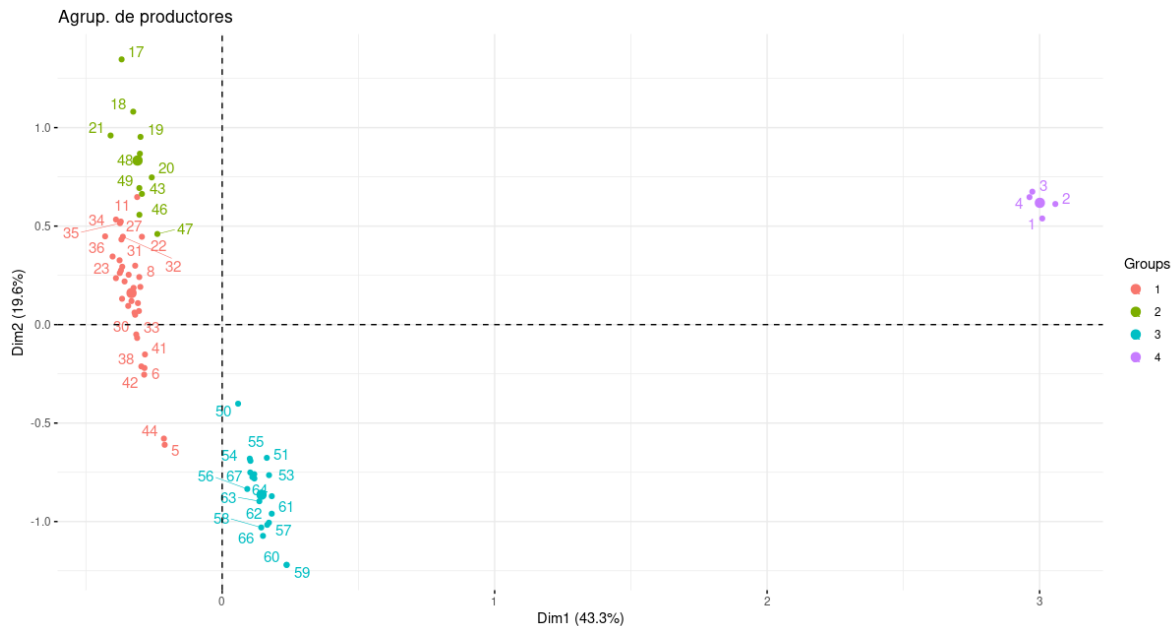


Figura 2. Tipologías definidas de acuerdo con agrupación de productores musáceas en Colombia.

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

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

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



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

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

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

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

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

- **Grupo 3:** Representa el 29% de los encuestados. Este grupo se caracteriza porque son técnicos que visitan cultivos de banano en las zonas de influencia del proyecto. En los cultivos que asesoran toman y registran datos como: racimos encintados, calibre de los dedos del racimo, peso del racimo, número de manos por racimo, ratio (racimos/semana), y número de cajas producidas por ha/año; estos datos los registran en papel y luego los archivan digitalmente, teniendo disponibles datos de 3-6 años. Con esta información los técnicos realizan análisis para la toma de decisiones (prácticas culturales, aplicación de fertilizantes, plaguicidas, insecticidas, etc). Igualmente, estos técnicos acostumbran a consultar estaciones meteorológicas propias para tomar decisiones de manejo de los cultivos. En cuanto a las recomendaciones sobre las necesidades hídricas del cultivo, realizan balances hídricos.

Cuentan con celular tipo SmartPhone y computador, desde los cuales poseen conexión a internet y consultan diariamente información técnica para el manejo del cultivo, siendo el principal tema de interés el control de las plagas y enfermedades. Entre las aplicaciones más usadas para conseguir este tipo de información se encuentra correo, whatsApp, buscadores



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

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

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

➤ Perú

Con la información obtenida de las encuestas realizadas a los productores, se depuraron los datos y se conformó una matriz con 68 variables cualitativas, de las cuales, a través del análisis de correspondencia múltiple, se realizó la selección de 13 variables, ya que representaban un 60 % de la expresión de la variabilidad del total de variables estudiadas (**Tabla 5**). Esas variables fueron: ¿Conoce cuál es el tipo de suelo de su finca (J), Número de años que llevo conservando y tengo acceso a registros de racimos encintados (CH), Racimos cosechados (CL), Número de años que llevo conservando y tengo acceso a registros de racimos cosechados (CO), ¿Cómo reportan el dato sobre racimos cosechados a la asociación(CP)?, Cajas por semanas (CS), Número de años que llevo conservando y tengo acceso a registros de cajas por semana(CV), ¿Cómo reportan el dato de cajas por semana a la asociación (CW)?, Ventas y rechazos (CZ), Número de años que llevo conservando y tengo acceso a registros de fertilizantes aplicados (DQ), Costos (EI), Fechas de actividades (EP), y Vigor de plantas (EW).

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



¿Resume o analiza datos acerca de racimos cosechados (BK), ¿Toma y registra datos acerca del número de cajas a la semana (BL), ¿Recibe datos ya colectados acerca del número de cajas a la semana (BN), ¿Entra o archiva datos en oficina acerca del número de cajas a la semana (BO), ¿Resume o analiza datos acerca del número de cajas a la semana como su responsabilidad (BP), ¿Toma y registra datos acerca de ratio racimo/caja (BQ), ¿Recibe datos ya colectados acerca de ratio racimo/caja (BS), ¿Toma y registra datos acerca de certificaciones (BV), ¿toma y registra datos acerca de fertilizantes aplicados(CA), ¿Recibe datos ya colectados acerca de los repelentes o pesticidas usados (CH), ¿Entra o archiva datos en oficina acerca los repelentes o pesticidas usados (CI), ¿Resume o analiza datos acerca de los repelentes o pesticidas usados (CJ), ¿Recibe datos ya colectados acerca las perdidas TRM (CM), ¿Entra o archiva datos en oficina acerca las pérdidas TRM(CN), y ¿Resume o analiza datos acerca de las perdidas TRM(CO).

Tabla 5. Coeficiente de determinación de las **13 variables** seleccionadas en cada una de las dimensiones para los **productores** encuestados en Perú.

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

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 6. Coeficiente de determinación de las **24 variables** seleccionadas en cada una de las dimensiones para los **técnicos** encuestados en Perú.

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

Fuente: Elaboración propia.

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

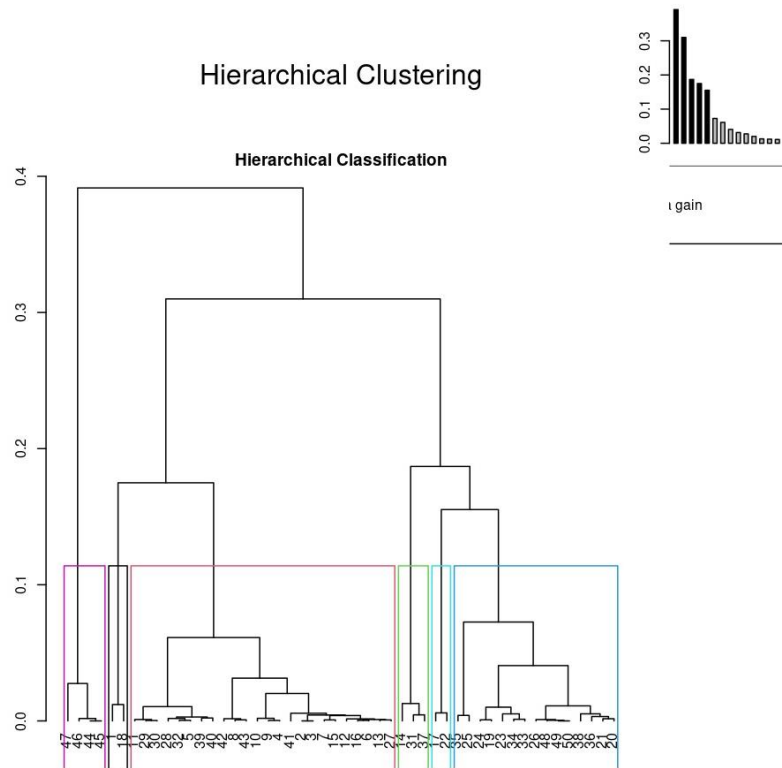


Figura 3. Agrupación de seis tipos de productores de musáceas en la región de Piura con base en las variables agronómicas y económicas priorizadas.

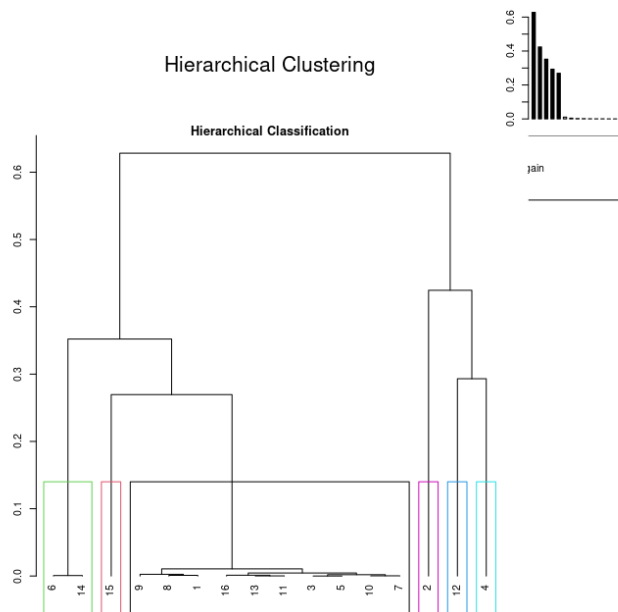


Figura 4. Agrupación de seis tipos de técnicos en la región de Piura con base a las variables priorizadas.



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

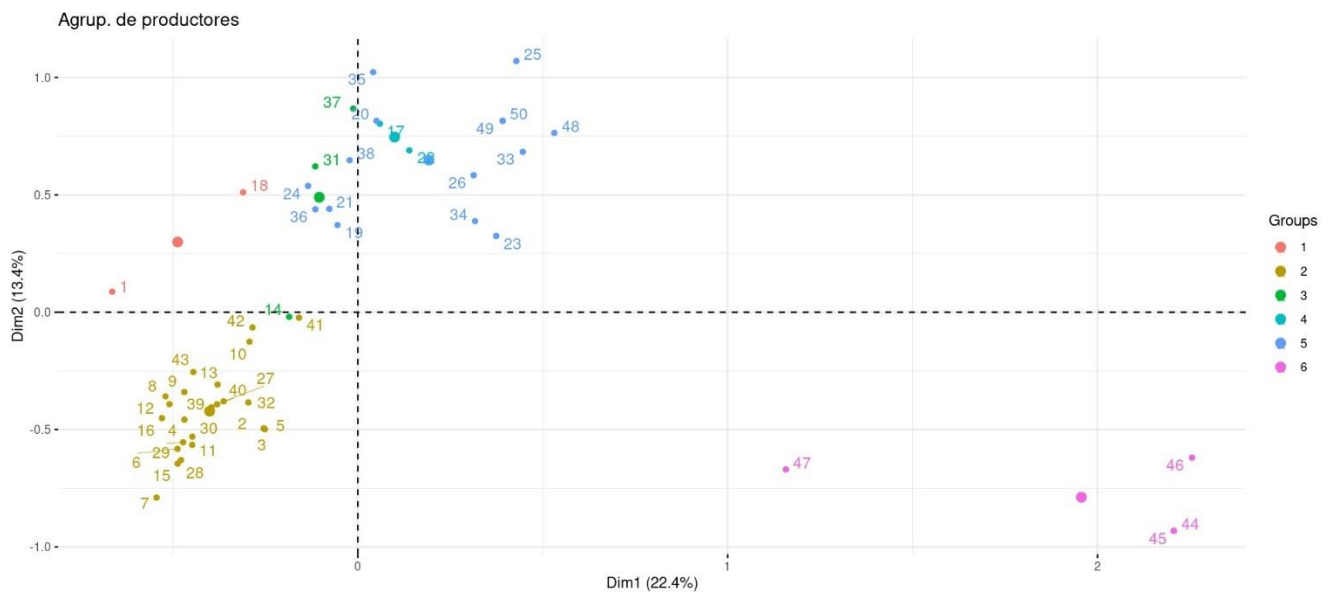


Figura 5. Tipologías de productores definidas de acuerdo con agrupación de productores musáceas en Perú.

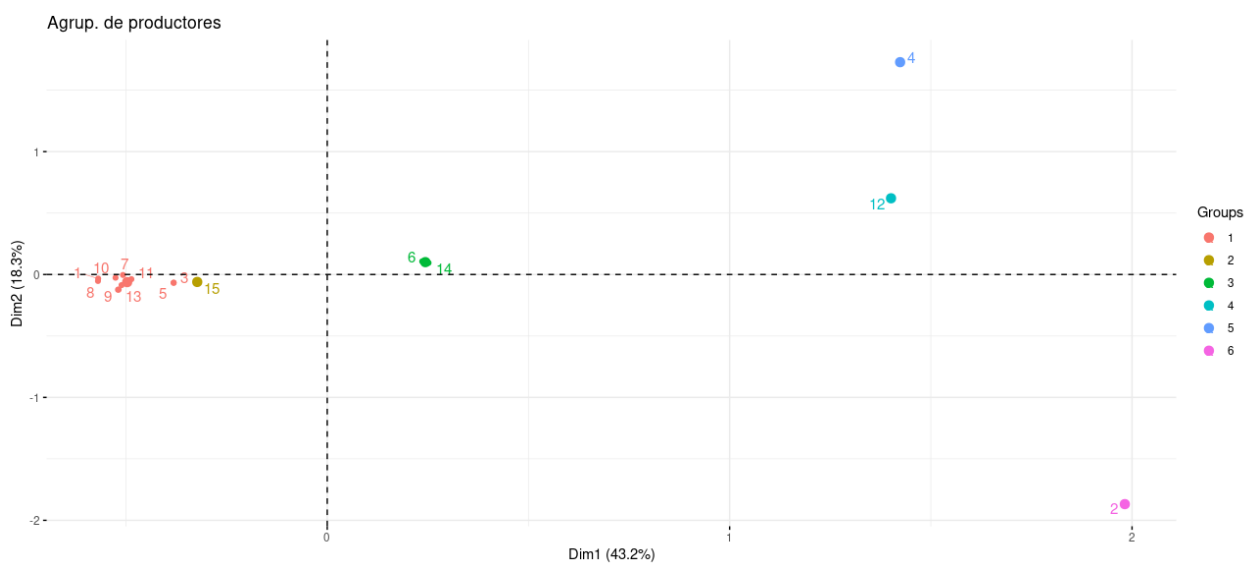


Figura 6. Tipologías de técnicos en Perú definidas de acuerdo con agrupación.



TIPOS DE PRODUCTORES EN PERÚ

- **Grupo 1:** Comprende el 4% de la población encuestada. Este grupo se caracterizan por reportar un tipo de suelo pesado (Ar) y franco (F-Ar, F, F-L). Los reportes de campo lo hacen directamente a la organización o través de mensajes de texto. Llevan un registro de la finca. Los registros de campo lo tienen en un cuaderno y otros en la computadora. Las cosechas son semanales y lo registra el mismo productor. El registro de ventas y de la fruta rechazada es realizada por el mismo productor. Los costos de producción son llevados por el mismo productor. Se lleva un registro del vigor de las plantas y es el trabajador quien realiza esa labor. El tipo de riego es por inundación.
- **Grupo 2:** Agrupa el 48% de los encuestados. Este grupo representan el mayor porcentaje de las encuestas realizadas. La principal variedad cultivada es del subgrupo Cavendish, cultivar Valery y el sistema de riego principal es por inundación. Indican conocer el tipo de suelo en su campo el cual varia de suelo pesado (Ar) a suelo franco (F-Ar, F, F-L). El reporte de daños lo hacen directamente al técnico de la organización. Mas del 50% reportan no llevar un registro de costos. El registro de actividades lo realizan con el apoyo del trabajador. Indican no llevar un registro del vigor de las plantas en campo.
- **Grupo 3:** Agrupa el 6% de los encuestados. Este grupo forma parte del número menor de encuestados. Indican cultivar Cavendish Valery y utiliza el sistema de riego por inundación superficial. El 75% indico no conocer el tipo de suelo que tienen en su campo de producción. El reporte de daños por plagas lo hacen directamente al técnico de la organización. Llevan registro de la cosecha y del número de cajas por semana. El 25% indico no llevar un registro de costo de producción. Las actividades en campo son registradas por el mismo productor. No llevan registro de monitoreo del vigor de las plantas en campo.
- **Grupo 4:** Agrupa el 4% de los encuestados. Indican conocer su tipo de suelo que puede ser pesado (Arc) o franco (F-Ar, F, L F-L). El 50% indico no reportar los daños que afectan la producción de banano en campo. El productor lleva un registro de la cosecha de racimos por semana. La mitad de encuestados indico llevar un registro del costo de producción y 100% indico no llevar un registro del vigor de plantas en campo.
- **Grupo 5:** Agrupa el 30% de los encuestados, y es el segundo que agrupa al mayor número de encuestados. El 63% de este grupo indico desconocer el tipo de suelo de su campo de producción. El reporte de daños de campo lo realizan en su mayoría directamente al técnico de la organización. Todos llevan un registro semanal de la cosecha de racimos. El registro de actividades es realizado por el mismo productor. El 100% de los encuestados de este grupo indico no llevar un registro del vigor de las plantas en campo.



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

TIPOS DE TECNICOS EN PERÚ

- **Grupo 1:** Comprende el 62.5% de la población encuestada. Este grupo por estar conformado por técnicos que trabajan el 90% en el área de producción y un 10% en certificación. El 50% posee su propia finca de banano. La mayoría indica que no encuentra dificultad para usar el internet como apoyo al trabajo. El 100% indico que no analizan o resumen datos de varios productores. Se observa en las respuestas que no se procesan ni analizan datos de producción y perdidas.
- **Grupo 2:** Comprende el 6.25% de la población encuestada. Este grupo está conformado por un solo técnico de la cooperativa Aspraosra (Alto Piura), indica trabajar en el área de asistencia en producción y también produce banano. Se caracteriza por no utilizar datos ni analizar datos de productores. Lleva un registro en papel de los fertilizantes entregados a cada productor. No lleva un registro de las pérdidas de fruta y sobre todo los causados por el Thrip de la mancha roja.
- **Grupo 3:** Comprende el 12.5% de la población encuestada. Este grupo está conformado por dos técnicos de la cooperativa Aspraosra y Asprosol (Alto Piura) respectivamente, realizan actividades de asistencia técnica en producción y certificación. No reciben datos directamente del productor. Preparan resúmenes de volumen y calidad de la producción de los productores socios. Se caracterizar por no manejar datos en la oficina y no analizarlos.
- **Grupo 4:** Comprende el 6.25% de la población encuestada. Este grupo está conformado por un técnico de la cooperativa COOPAG ubicado en el Valle del rio Chira, Sullana. Indica dar asistencia técnica en producción y certificación. También tiene como actividad la producción de banano. No usa internet para obtener información sobre banano. Recibe los datos de producción del productor o de otro técnico. No analiza los datos de descarte.
- **Grupo 5:** Comprende el 6.25% de la población encuestada. Este grupo está conformado por un técnico de la cooperativa APBOSMAM ubicado en el Valle del rio Chira, Sullana. Indica dar asistencia técnica en producción. También tiene como actividad la producción de banano.



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

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

➤ República Dominicana

Con la información obtenida de las encuestas realizadas a los productores, se depuraron los datos y se conformó una matriz con 86 variables cualitativas, de las cuales, a través del análisis de correspondencia múltiple, se realizó la selección de 22 variables teniendo en cuenta su poder discriminante para lograr la caracterización y tipificación, ya que representaron 54,2 % de la expresión de la variabilidad del total de variables estudiadas (**Tabla 7**), lo cual es adecuado de acuerdo con Pla (1986) e Lezzoni y Pritts (1991). Las variables que se seleccionaron dado que su coeficiente de correlación en el análisis multivariado fue superior a 0,6 fueron: Tipo de Riego (Q), ¿Cuántos trabajadores fijos asegurados tiene (no incluye familiares)? (AT), Tiene computadora en su casa? (BA), ¿Usted o miembros de su familia participan en video llamadas/conferencias en vivo sobre banano? (BQ), Cajas por semanas (CW), ¿Quién registra las ventas y rechazos en la finca? (DE), ¿Dónde lo registra las ventas y rechazos en la finca? (DF), ¿Cómo reportan el dato de las ventas y rechazos a la asociación? (DH), ¿Quién lo registra las pérdidas por TMR en la finca? (DZ), ¿Dónde lo registra las pérdidas por TMR en la finca (EA), ¿Cómo reportan el dato de las pérdidas por TMR a la asociación? (EC), ¿Quién lo registra las pérdidas por otras causas en la finca? (EG), ¿Dónde lo registra las pérdidas por otras causas en la finca? (EH), Como reportan el dato de las pérdidas por otras causas a la asociación (EJ), ¿Dónde registra los datos de costos de la finca? (EO), ¿Quién lo registra las fechas de las actividades en la finca? (EU), Donde lo registra las fechas de las actividades en la finca? (EV), ¿Quién lo registra el vigor de las plantas en la finca? (FB), ¿Dónde lo registra el vigor de las plantas en la finca (FC), ¿reportan el dato del vigor de las plantas a la asociación? (FE), ¿Dónde lo registra datos sobre sigatoka en la finca? (FJ) ¿Cómo decide usar riego suplementario con bomba en caso de que tuviera? (HO).

En cuanto a las encuestas realizadas a los técnicos, a través del análisis de correspondencia múltiple, se seleccionaron 34 variables dado que su coeficiente de correlación fue superior a 0,6 lo que indica que son las que más aportan a las varianzas (**Tabla 8**). Esas variables fueron: ¿Área



en la cual trabaja? (D), ¿Cuántos años tiene asistiendo a la producción de banano o plátano de cualquier tipo? (F), Tipo de celular(J), ¿Dónde acostumbra a conectarse a wifi gratuito? (Q), Tipo de conexión a internet que tiene en su casa(S), ¿Para qué ocupa la computadora e internet en la casa? (T), En su zona de trabajo cómo caracteriza la señal (V), ¿Con qué frecuencia usa el internet para conseguir información sobre banano? (AC), ¿Recibe datos ya colectados acerca de los racimos encintados? (BD), ¿Entra o archiva datos en oficina acerca de los racimos encintados? (BE), ¿Resume o analiza datos acerca de los racimos encintados como su responsabilidad? (BF), ¿Recibe datos ya colectados acerca de los racimos cosechados? (BI), ¿Resume o analiza datos acerca de los racimos cosechados como su responsabilidad? (BQ), ¿Resume o analiza datos acerca del número de cajas a la semana como su responsabilidad? (BP), ¿Recibe datos ya colectados acerca del ratio racimo/caja? (BS), ¿Entra o archiva datos en oficina acerca del ratio racimo/caja? (BT), ¿Resume o analiza datos acerca del ratio racimo/caja como su responsabilidad? (BU), ¿Entra o archiva datos en oficina acerca de registros de certificaciones? (BY), ¿Resume o analiza datos acerca de registros de certificaciones? (BZ), ¿Recibe datos ya colectados acerca de los fertilizantes aplicados? (CC), ¿Entra o archiva datos en oficina acerca de los fertilizantes aplicados? (CD), ¿Resume o analiza datos acerca de los fertilizantes aplicados como su responsabilidad? (CE), ¿Recibe datos ya colectados acerca de los repelentes (CH), ¿Toma o registra datos acerca de perdidas TMR? (CL), ¿Entra o archiva datos en oficina acerca de perdidas TMR? (CN), ¿Recibe datos ya colectados acerca de perdidas por otras causas? (CR), ¿Entra o archiva datos en oficina acerca de perdidas por otras causas? (CS), ¿Toma o registra datos acerca de sigatoka? (CV), ¿Recibe datos ya colectados acerca de sigatoka? (CW), ¿Realiza un resumen o análisis de datos de sigatoka como responsabilidad (CY)?, ¿Cómo califica el estado de los mejores productores que usted atiende hoy comparado con 5 años atrás? (DQ), ¿dificultades para medir indicadores de mejora continua y Benchmarking? (DX), ¿Cómo identificó esos temas? (EG), y Donde consulta para estar informado de los pronósticos de condiciones de tiempo o meteorológicas para los próximos días? (EK).



Tabla 7. Coeficiente de determinación de las 22 variables seleccionadas en cada una de las dimensiones para el caso de los productores encuestados en República Dominicana. Fuente: Los autores

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



Tabla 8. Coeficiente de determinación de las 34 variables seleccionadas en cada una de las dimensiones para el caso de los técnicos encuestados en República Dominicana.

VARIABLES	DIMENSIONES				
	Dim 1	Dim 2	Dim 3	Dim 4	Dim 5
D	0,85	0,44	0,21	0,08	0,12
F	0,91	0,96	0,98	0,51	0,81
J	0,26	0,22	0,30	0,60	0,03
Q	0,27	0,69	0,12	0,15	0,32
S	0,15	0,19	0,66	0,00	0,16
T	0,13	0,36	0,84	0,67	0,41
V	0,91	0,58	0,20	0,43	0,15
AC	0,14	0,53	0,16	0,69	0,49
BD	0,14	0,22	0,50	0,61	0,04
BE	0,74	0,27	0,17	0,81	0,03
BF	0,60	0,42	0,04	0,27	0,13
BI	0,22	0,16	0,84	0,03	0,28
BQ	0,60	0,43	0,93	0,34	0,14
BP	0,83	0,67	0,60	0,13	0,08
BS	0,32	0,66	0,25	0,16	0,07
BT	0,53	0,35	0,89	0,67	0,08
BU	0,86	0,41	0,59	0,26	0,34
BY	0,70	0,06	0,58	0,53	0,51
BZ	0,72	0,13	0,12	0,22	0,33
CC	0,78	0,49	0,30	0,25	0,20
CD	0,55	0,59	0,94	0,54	0,63
CE	0,75	0,20	0,20	0,24	0,25
CH	0,77	0,65	0,19	0,07	0,02
CL	0,44	0,78	0,04	0,23	0,02
CN	0,36	0,80	0,02	0,62	0,18
CR	0,45	0,25	0,03	0,67	0,02
CS	0,21	0,22	0,00	0,60	0,05
CV	0,03	0,26	0,04	0,66	0,48
CW	0,74	0,37	0,28	0,08	0,20
CY	0,85	0,58	0,23	0,15	0,11
DQ	0,68	0,54	0,20	0,21	0,64
DX	0,35	0,67	0,07	0,22	0,36
EG	0,16	0,52	0,73	0,35	0,81
EK	0,53	0,24	0,57	0,36	0,64



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

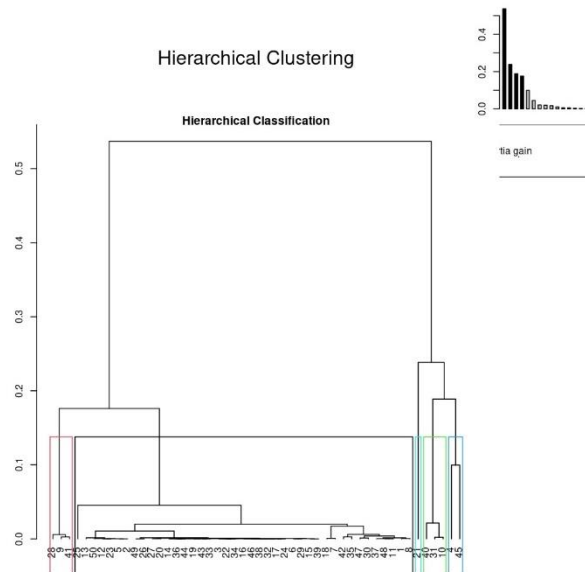


Figura 7. Agrupación de cinco tipos de productores de musáceas en La Línea Noroeste de Republica Dominicana, con base en las 22 variables de uso de datos priorizadas.

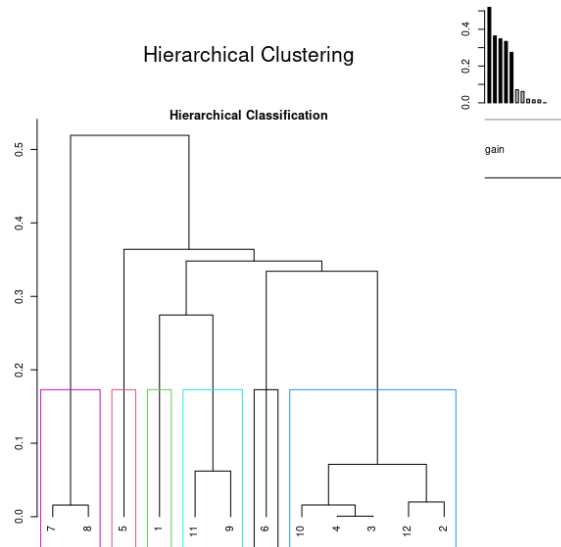


Figura 8. Agrupación de seis tipos de técnicos en La Línea Noroeste de Republica Dominicana, con base en las 34 variables de uso de datos priorizadas.



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

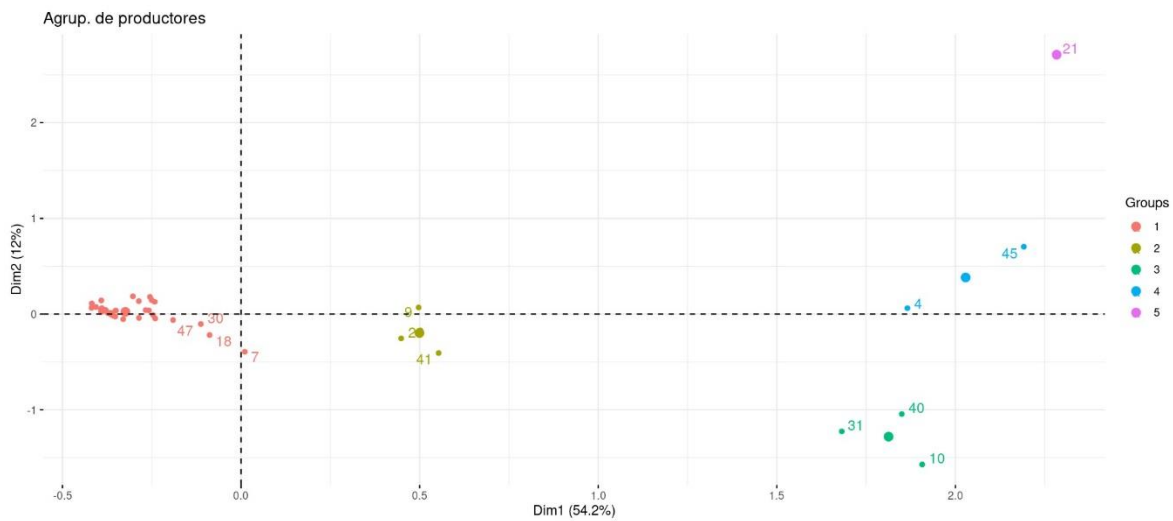


Figura 9. Tipologías definidas de acuerdo con agrupación de productores banano de República Dominicana.

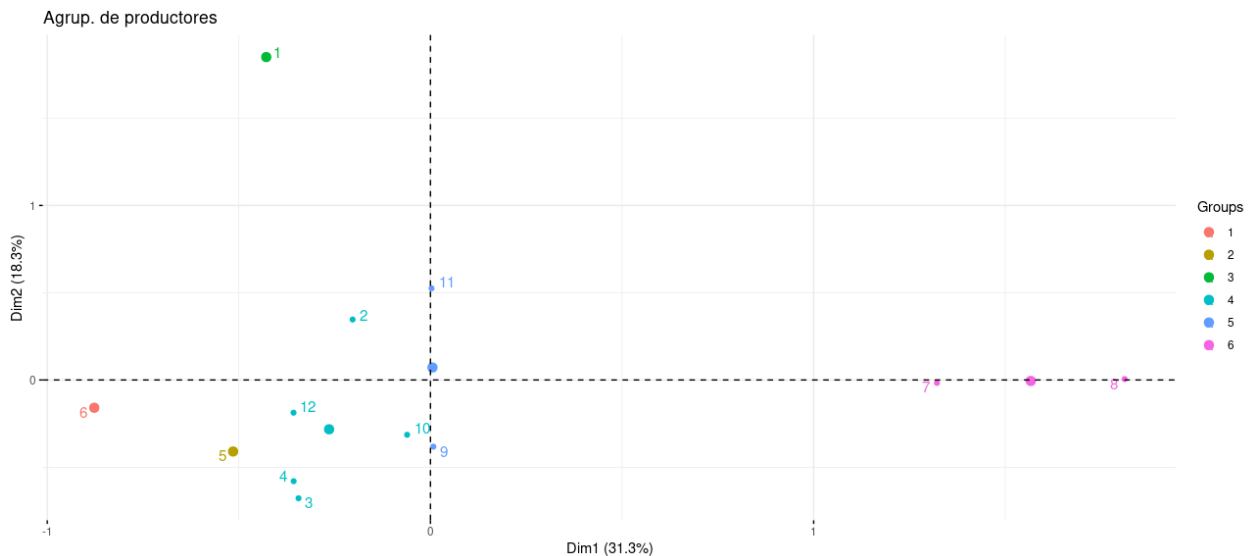


Figura 10. Tipologías definidas de acuerdo con agrupación de técnicos en República Dominicana.



TIPOS DE PRODUCTORES DE REPÚBLICA DOMINICANA

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

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

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

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



- **Grupo 3:** Agrupa el **6%** de los encuestados. Este grupo se caracteriza porque el 100% de los productores tiene riego por inundación. El 33% utiliza riego suplementario con bomba. En las fincas tienen un promedio de 26 trabajadores fijos asegurados. El 33 % tiene computadora en su casa. Nadie en la familia participa en video llamadas o conferencias en vivo.

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

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

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



plantas y cuando registran lo hacen los técnicos y el capataz, en formulario de la asociación y lo reportan a los técnicos. El 100% registra datos sobre Sigatoka negra y lo hacen en formulario de la asociación y hojas sueltas.

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

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

TIPOS DE TECNICOS DE REPÚBLICA DOMINICANA

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

En cuanto a los registros productivos y financieros de las fincas bananeras, el 100% de los técnicos, no recibe el dato sobre racimos encintados. El 100% entra o archiva los datos en oficina utilizando papel. El 100% utiliza otro tipo de resumen/análisis de datos como responsabilidad. El 100% no recibe el dato del productor u otro delegado de cada finca. El 100% entrega el dato que toma o recibe a otra persona. El 100% prepara resúmenes de múltiples productores para certificación. El 100% recibe el dato sobre racimos cosechados de otro técnico. El 40% no maneja el dato en la oficina, el 20% archivó el dato en papel, y el 40% entregó el dato que tomó o recibió a otra persona. En cuanto a registro de certificaciones, el 100% entrega el dato que toma o recibe a otra persona. El 100% recibe el dato de otro técnico. El 100% no recibe el dato sobre los repelentes y pesticidas usados. El 100% de los técnicos no



toma datos sobre las pérdidas por el trips de la mancha roja y no tiene ningún contacto o responsabilidad con este dato. El 100% no maneja el dato en la oficina. El 100% de los técnicos no recibe el dato ya colectado sobre otras pérdidas. El 100% no maneja el dato en la oficina. El 100% de los técnicos no toma el dato sobre Sigatoka negra y no tiene ningún contacto o responsabilidad con este dato. El 100% recibe el dato de otro técnico. El 100% no analiza o resume datos de varios productores en ningún momento del año.

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

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

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

En cuanto a las estrategias de mejora continua y benchmarking, el 100% de los técnicos califica como mejor el estado de los mejores productores que atiende hoy comparado con 5 años



atrás. El 100% identifico los temas de mejora mediante Impresiones basadas en visitas a fincas. Para estar informados de los pronósticos de condiciones de tiempo o meteo para los próximos días, el 100% busca en sitios de internet.

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

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

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

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



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

En cuanto a los registros productivos y financieros de las fincas bananeras, el 80% de los técnicos, recibe el dato sobre racimos encintados del productor u otro delegado de cada finca, y el 20% recibe el dato de otro técnico. En cuanto a los racimos cosechados, el 50% de los técnicos, recibe el dato del productor u otro delegado de cada finca. El 50% entrega el dato que toma o recibe a otra persona, entra o archiva los datos en oficina utilizando papel, y el 50% entrega el dato a otra persona, el 20% no maneja el dato en la oficina y el 20% archiva el dato en forma electrónica. El 40% no analiza o resume datos de varios productores en ningún momento del año, el 20% prepara resúmenes de volumen y calidad de producción y el 40% usa otro tipo de resumen/análisis de datos como responsabilidad. El 60% entrega el dato que toma o recibe a otra persona y el 40% no maneja el dato en la oficina. El 20% no analiza o resume datos de varios productores en ningún momento del año, el 40% prepara resúmenes de volumen y calidad de producción, y el 40% prepara resúmenes de múltiples productores para certificación. El 20% no recibe el dato, el 40% recibe el dato de otro técnico, y el 40% recibe el dato del productor u otro delegado de cada finca. El 50% archiva el dato en papel, y el 50% entrega el dato que toma o recibe a otra persona.

En cuanto a registro certificaciones, el 40% archiva el dato en papel, y el 60% entrega el dato que toma o recibe a otra persona. El 50% recibe el dato sobre fertilizantes aplicados, y el 50% recibe el dato del productor u otro delegado de cada finca. El 20% no recibe el dato sobre los repelentes y pesticidas usados y el 80% recibe el dato de otro técnico. El 40% de los técnicos no toma datos sobre las pérdidas por el trips de la mancha roja y no tiene ningún contacto o responsabilidad con este dato, el 20% no toma el dato, pero tiene otras responsabilidades en el manejo, y el 40% toma dato como responsabilidad laboral. El 40% no maneja el dato en la oficina, el 20% archiva el dato en papel, y el 40% entrega el dato que toma o recibe a otra persona. El 60% de los técnicos no recibe el dato ya colectado sobre otras pérdidas, y el 40% recibe el dato de otro técnico. El 60% no maneja el dato en la oficina, el 20% archiva el dato en papel, y el 20% entrega el dato que toma o recibe a otra persona. El 80% de los técnicos no toma el dato sobre Sigatoka negra y no tiene ningún contacto o responsabilidad con este dato, y el 20% toma dato como responsabilidad laboral. El 20% recibe el dato del productor u otro delegado de cada finca, y el 80% recibe el dato de otro técnico. El 40% no analiza o resume datos de varios productores en ningún momento del año, el 20% prepara resúmenes de volumen y calidad de producción, y el 40% prepara resúmenes de múltiples productores



para certificación.

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

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

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



el dato de otro técnico. El 100% prepara resúmenes de múltiples productores para certificación.

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

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

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



en ningún momento del año.

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

- **Diagnóstico de aplicativos similares en el mercado**

- **Análisis cuantitativo**

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

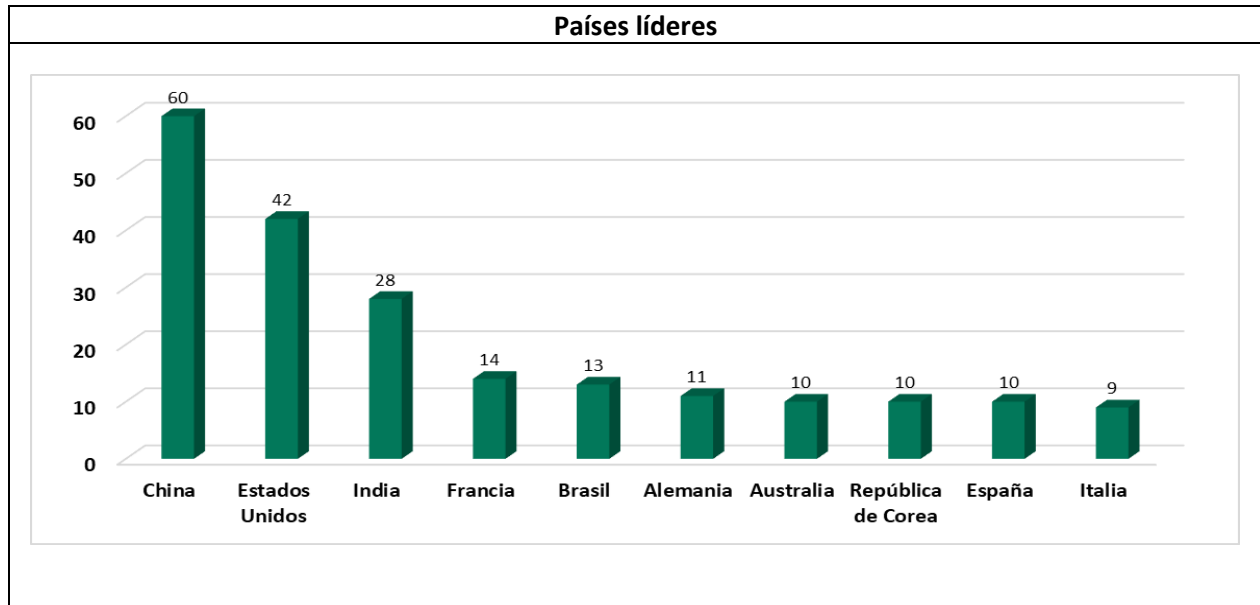
- **Indicadores de actividad y cuantitativos**

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



Tabla 9. Indicadores claves de actividad (número de publicaciones)





Fuente. Elaboración propia a partir de datos de Scopus®. Información recuperada en agosto de 2021. Software de procesamiento Excel®

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

Tabla 10. Indicadores generales de impacto del corpus analizado

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

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



En la **Tabla 11** se identifican los autores con mayor número de publicaciones e impacto en la producción científica medida a través del índice H el cuál relaciona las publicaciones más citadas y el número de citas de cada una.

Tabla 11. Autores más relevantes con mayor impacto en producción científica

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

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

La fuente de consulta con mejor tendencia de crecimiento en el tema de predicción de rendimiento es la revista *Remote sensing* y las fuentes con más impacto (mayores índice H) han

sidio *Agricultural And Forest Meteorology*, *Agricultural Systems*, *European Journal Of Agronomy*, *Nongye Gongcheng Xuebao Transactions Of The Chinese Society Of Agricultural Engineering y Remote sensing* (**Figura 11**)

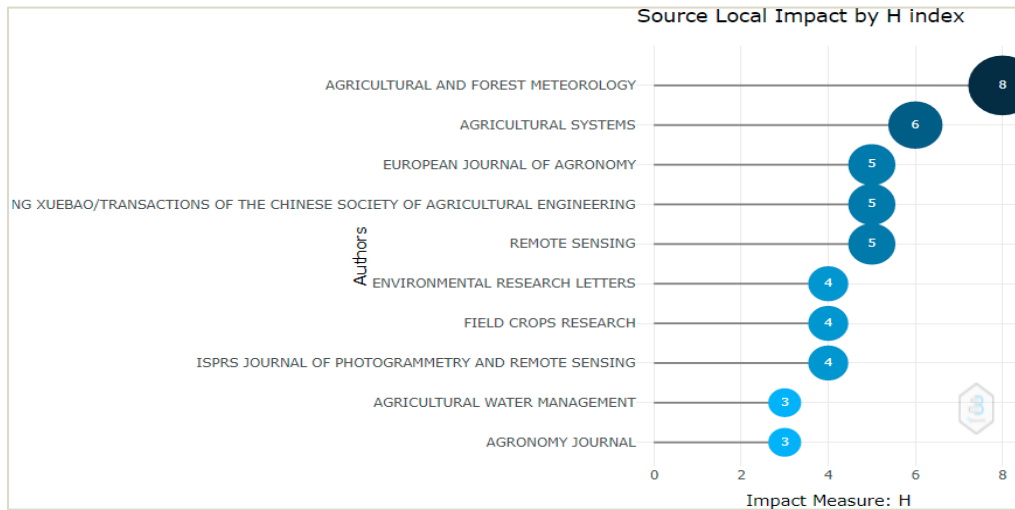


Figura 11. Principales fuentes de consulta con mejor impacto

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

- Indicadores de coocurrencia

Por medio de un análisis de flujo cruzado a partir de un gráfico de Sankey donde se relacionan países, instituciones y palabras claves se pueden identificar tópicos relevantes en el corpus analizado. Es así como China a través de las afiliaciones institucionales con la China Agricultural University y Nanjing Agricultural University genera el mayor número de publicaciones relacionadas con aplicativos y modelos de predicción de rendimiento más específicamente con sensores remotos, análisis de crecimiento vegetal y machine learning en función de la humedad del suelo con el fin de dar manejo al estrés hídrico. Estados Unidos, a través de las Universidades de Florida, Illinois y Wisconsin han investigado en los temas de deep learning, sensores remotos, arboles de decisión y radiometría. El tercer flujo importante lo constituye el país de Francia con el CIRAD y la Universidad de Montpellier con desarrollos en sensores remotos, utilización de algoritmos simples, pronósticos de impactos agrometeorológicos y técnicas de regresión comparativas para determinar respuestas de rendimiento (**Figura 12**).

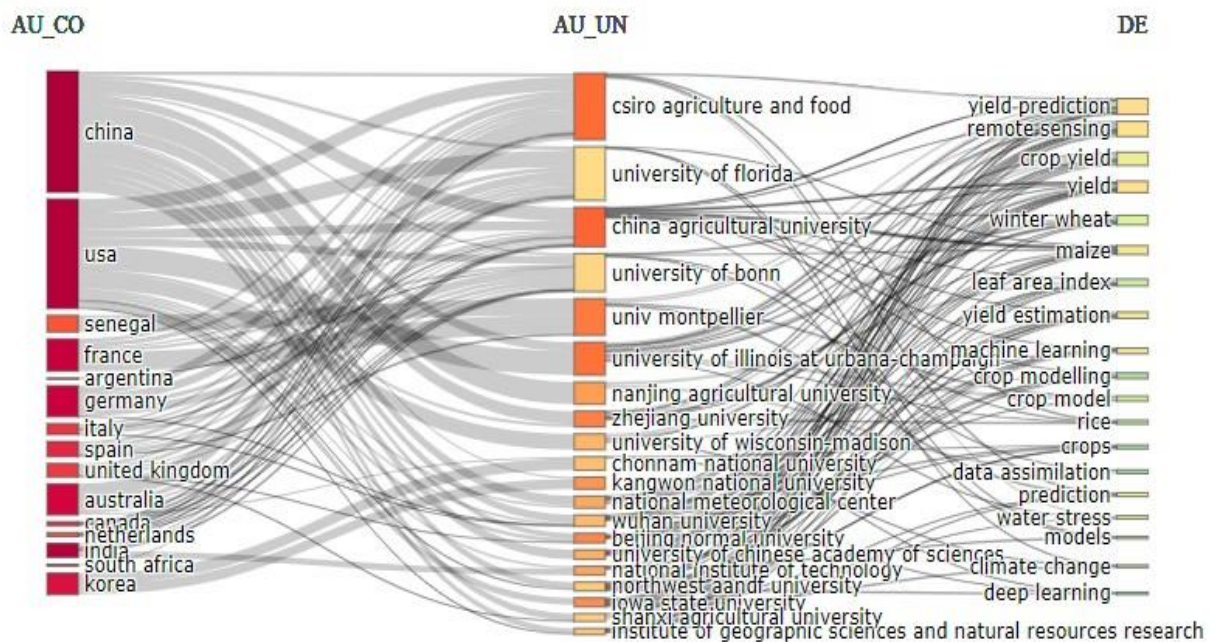


Figura 12. Gráfico Sankey: Principales países e instituciones relacionadas con aplicativos de predicción de rendimiento

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

En la **Figura 13** se puede apreciar un mapa de densidad con base en la coocurrencia de palabras clave donde se pueden evidenciar tópicos con mayor y menor relevancia en el tema mostrado a su vez clústeres de focalización de la investigación. Este mapa muestra a través de una escala colorimétrica la densidad de ocurrencia de palabras claves donde el color rojo muestra tópicos altamente desarrollados, el amarillo tópico con mediano desarrollo y el color verde, tópicos de frontera con desarrollo específico.

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

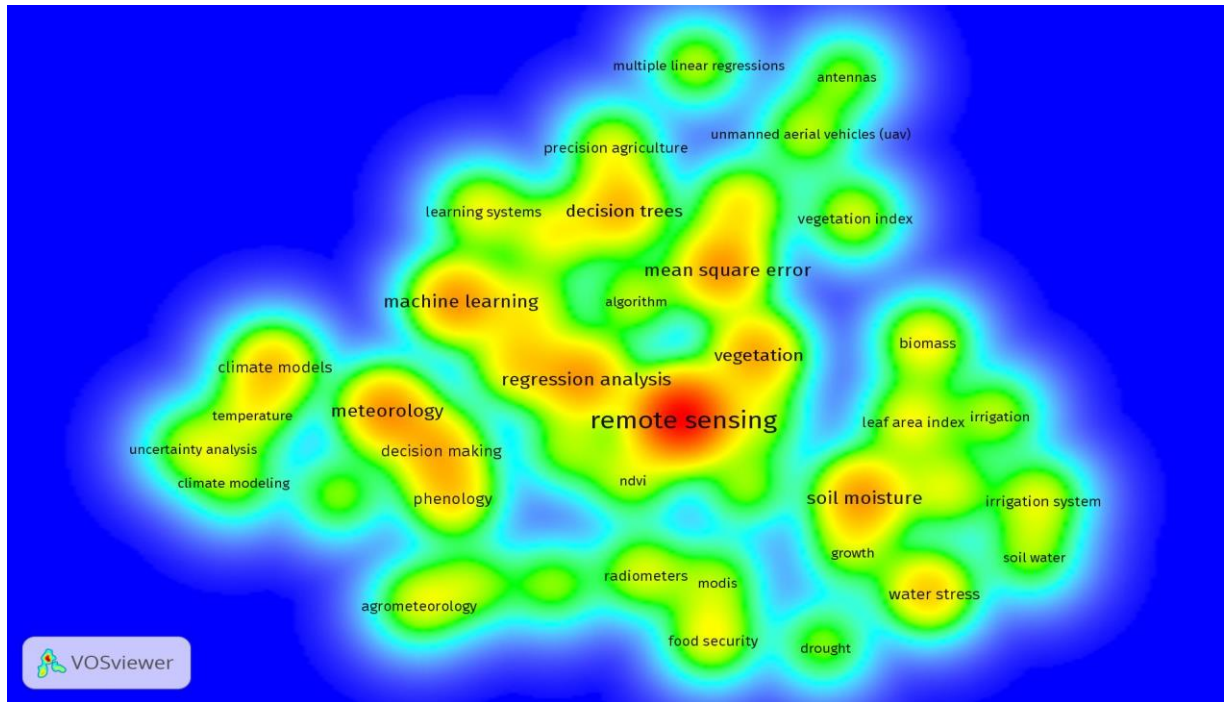


Figura 13. Mapa de densidad de coocurrencia de palabras clave

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

- **Mapa temático de tendencias**

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

- **Tópicos Motor:** Son aquellos tópicos que se ubican en el cuadrante superior derecho, los cuales se caracterizan por una alta importancia en el tema de investigación (centralidad) y un alto desarrollo del tema (densidad).
- **Tópicos Base o transversales:** Son aquellos tópicos que se ubican en el cuadrante inferior derecho, los cuales se caracterizan por tener una importancia media y alto desarrollo.
- **Tópicos emergentes o decadentes:** son aquellos tópicos en el cuadrante inferior izquierdo



cuya importancia y desarrollo aún es baja y puede estar asociada a un tópico relativamente nuevo o un tópico que ha perdido relevancia.

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

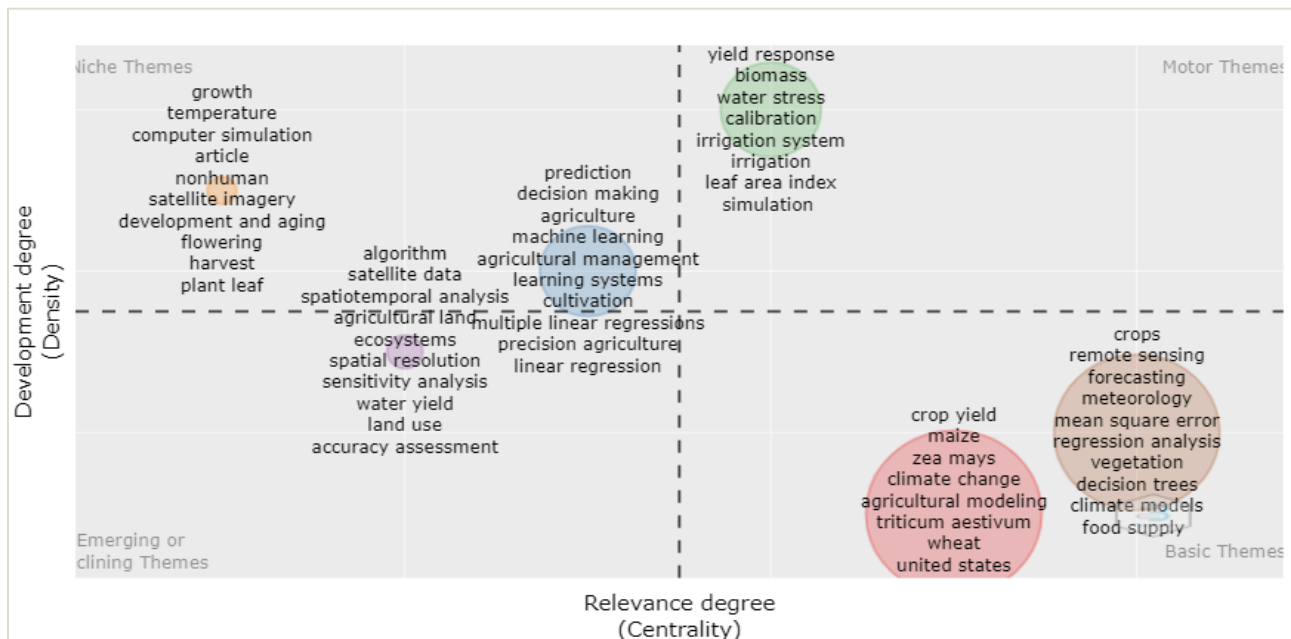


Figura 14. Mapa temático de distribución de tópicos

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



Tabla 12. Explicación de los tópicos tratados por cada cuadrante del Mapa temático de distribución de tópicos.

Tópicos Altamente desarrollados (cuadrante superior izquierdo)	Tópicos Motor (cuadrante superior derecho)
<ul style="list-style-type: none"> • Predicción basada en sistemas de aprendizaje automático (machine learning) • Agricultura de precisión • Análisis de imágenes de satélite para determinar crecimiento, desarrollo, floración, índices de cosecha, edad fenológica y área foliar 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelos de simulación para predicción de rendimiento con base en la medición de índice de área foliar y medición de biomasa • Simulación de crecimiento y rendimiento y optimización de riego bajo condiciones de estrés hídrico
Tópicos emergentes o decadentes (cuadrante inferior izquierdo)	Tópicos Transversales (cuadrante inferior derecho)
<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de resolución espacial • Análisis espacio temporal • Predicción por interpretación de datos satelitales • Aplicación de algoritmos • Evaluación de uso del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores remotos • Análisis por árboles de decisión • Pronósticos agrometeorológicos • Análisis de regresión

➤ Aplicativos o modelos similares en el mercado.

Como resultado de la revisión de los 152 artículos que hicieron parte del corpus final de registros del estudio de vigilancia científica, dado que se logró contar con la versión completa de estos artículos y claramente hacían uso de algún tipo de modelo o aplicativo que integra datos meteorológicos para estimar o predecir algún indicador de cultivo, se encontró que hay diferentes tipo de modelos y grados de desarrollo o validación de estos, además que su aplicación se ha realizado en diferentes cultivos, siendo escasos los empleados en el cultivo de banano y plátano (**Tabla 13**). La clasificación del tipo de modelo se hizo en cuatro componentes: software, modelo de pronóstico, modelo de simulación y modelo estadístico o matemático.



Tabla 13. Resumen de los modelos o aplicativos encontrados a partir del análisis cuantitativo realizado.

Tipo de modelo	# Artículos en donde se hace mención	Nombre del modelo o aplicativo	Cultivos en donde fue probado
Software	3	CROPWAT	Banano y arroz
		Yield Predictor for Rainfed Areas (YPRA)	Maíz y arroz
Modelo de pronóstico	5	SIMBA	Banano
		INSEY	Trigo
		Crop-SI	Canola, trigo y cebada
		InVEST	
		Sistema experto en banano basado en la web semántica	Banano
Modelo de simulación	37	Modelo AAB	Plátano
		AquaCrop	Frijol, pasto, arveja, maíz, soja
		WOFOST	Caña de azúcar, trigo, cebada, maíz, girasol, yuca, etc
		CERES	Trigo y maíz
		CropSyst	Maíz
		Se han realizados estimaciones empleando los siguientes modelos a datos recolectados: <ul style="list-style-type: none"> - Modelos de red neuronal - Modelos de regresión de mínimos cuadrados ponderados - Componentes principales - Regresiones lineales múltiples Entre otros	Maíz, trigo, caña de azúcar, café, soja, té, esparrago, papa, arroz, cebada, algodón, frijol, etc.

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

- **Yield Predictor for Rainfed Areas (YPRA)** es una aplicación de software de escritorio. YPRA predice el rendimiento de una sola ubicación, así como de varias ubicaciones, basado en RPEI (Índice de eficiencia de producción relativa)'. El RPEI se rige por varios parámetros fisiográficos, físicos y químicos del suelo, biológicos y climáticos fácilmente determinables.



YPRA ayudará a promover una agricultura resiliente al clima al trazar una planificación de contingencia de cultivos adecuada para enfrentar condiciones climáticas abruptas (Sharma et al., 2019).

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

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

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

- **Crop-SI** es un modelo semi-empírico para estimar el rendimiento de canola, trigo y cebada en Australia. Crop-SI combina una descripción de detección remota de la fijación de carbono de las plantas durante la temporada de crecimiento con índices de estrés derivados de datos meteorológicos en las etapas críticas de crecimiento de los cultivos. (p. ej., anthesis y relleno de granos) (Yang et al., 2020).
- **InVEST** es un conjunto de modelos de software de código abierto gratuitos que se utilizan para mapear y valorar los bienes y servicios de la naturaleza que sustentan y satisfacen la vida humana, por ejemplo, se encuentra el modelo de rendimiento hídrico anual. InVEST fue desarrollado por Natural Capital Project en la Universidad de Standford. Los modelos InVEST se basan en funciones de producción que definen cómo es probable que los cambios en la estructura y función de un ecosistema afecten los flujos y valores de los servicios de los ecosistemas en un paisaje terrestre o marino (Stanford University. 2021; Belete et al., 2020).
- **AquaCrop** es un modelo de simulación de crecimiento de los cultivos desarrollado por la División de Tierras y Aguas de la FAO para evaluar el impacto del medio ambiente y la gestión de los cultivos sobre la producción, incluidos escenarios de cambio climático, en función del consumo de agua (FAO. 2021a). El modelo tiene cuatro submodelos: 1) el submodelo climático, que requiere temperaturas del aire máximas y mínimas diarias, lluvia, evapotranspiración de referencia (ET_o) y la concentración media anual de dióxido de carbono en la atmósfera general; 2) el balance hídrico del suelo; 3) el desarrollo fenológico del cultivo, crecimiento y rendimiento final; y 4) el submodelo de gestión que combina la aplicación de agua y los niveles de fertilización (Akinbile et al., 2020). AquaCrop puede simular la producción diaria de biomasa y el rendimiento final de cultivos herbáceos de un solo ciclo de crecimiento. El modelo asume que el campo es uniforme sin diferencias espaciales en el desarrollo del



cultivo, transpiración, características del suelo o manejo. Solo se consideran los flujos de agua verticales entrantes (lluvia, riego y capilaridad) y salientes (evaporación, transpiración y percolación profunda) (FAO. 2021a).

- **Modelo de simulación de World Food Studies (WOFOST)**, para el análisis cuantitativo del crecimiento y la producción de cultivos de campo anuales (cultivos herbáceos). Cuantifica el crecimiento de los cultivos sobre la base de los procesos subyacentes, como la fotosíntesis, la respiración y cómo estos procesos son influenciados por condiciones ambientales. WOFOST distingue tres niveles de producción de cultivos: producción potencial (determinada por la variedad de cultivo, radiación y temperatura), producción alcanzable (limitada) (tienen en cuenta, además de la radiación, la temperatura y las características de las plantas, también los efectos de la disponibilidad de agua y nutrientes de las plantas), y producción real (reducida) (tiene en cuenta, además de los factores considerados en la producción limitada, la posible reducción del rendimiento de los cultivos por factores principalmente bióticos como malezas, plagas y enfermedades) (FAO. 2021b).
- **CERES (Crop-Environment REsource Synthesis)** simula el crecimiento de los cultivos en respuesta al clima, el suelo, el manejo, el balance hídrico, el balance de nitrógeno y los genotipos (Akinbile et al., 2020). Los modelos CERES se han probado para cultivos como maíz, trigo, soja, maní, arroz, papa, tomate, frijol seco, sorgo, mijo, pasto, garbanzo, caupí, frijol terciopelo, pasto Brachiaria y habas (Quantitative Plant. 2021). Los modelos CERES simulan bastante bien el rendimiento del grano, desarrollo fenológico, biomasa aérea, el índice de cosecha, evapotranspiración y el agua del suelo. Las otras variables que calcula, aunque menos precisas son número de granos, peso de grano, radiación fotosintéticamente activa interceptada (IPAR), índice de área foliar (LAI), temperatura del suelo y la dinámica del nitrógeno (N) (Basso et al., 2016).
- **CropSyst** es un modelo de simulación aplicado a varios cultivos (maíz, trigo, cebada, soja, sorgo y altramuces) y regiones (oeste de EE. UU., Sur de Francia, norte y sur de Italia, norte de Siria, norte de España y oeste de Australia) (FAO. 2021c). Datos sobre el clima, el suelo y los insumos agrícolas se utilizan para simular el crecimiento y estimar la productividad de los cultivos en diversas prácticas de manejo (por ejemplo, operaciones de labranza) y según las condiciones del agua y nutriente (Mangani et al., 2018). El desarrollo del cultivo se simula en función del tiempo térmico necesario para alcanzar etapas de crecimiento específicas. El crecimiento diario de los cultivos se expresa como aumento de biomasa por unidad de superficie terrestre. El modelo tiene en cuenta cuatro factores que limitan el crecimiento de los cultivos: agua, nitrógeno, luz y temperatura (FAO. 2021c).



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

- **CROPWAT** es un sistema de apoyo a la toma de decisiones desarrollado por la División de Desarrollo de Tierras y Aguas de la FAO para el cálculo de los requisitos de agua y de riego de los cultivos en función de los datos del suelo, el clima y los cultivos. Además, el programa permite el desarrollo de programas de riego para diferentes condiciones de manejo y el cálculo del suministro de agua para diferentes patrones de cultivo. Se puede utilizar para evaluar las prácticas de riego de los agricultores y estimar el rendimiento de los cultivos tanto en condiciones de secano como de regadío (Toro-Trujillo et al., 2016; Akinbile et al., 2020; FAO. 2021d).
- **El modelo SIMBA** fue construido para predecir patrones fenológicos y dinámica de cosecha en sistemas de cultivo de plátano. El clima (lluvia, temperatura, radiación solar) y las propiedades del suelo son parámetros de entrada necesarios para correr el modelo. Las características climáticas y del suelo se combinan con reglas de decisión que describen las prácticas agrícolas según el calendario y que son representadas mediante variables de control y umbrales (Tixier *et al.*, 2008). SIMBA incluye sub-modelos que simulan: el crecimiento (SIMBA-GROW), estructura de la población (SIMBA-POP), propiedades físicas del suelo (SIMBA-SOIL), balance de agua (SIMBA-WAT), densidad de población de nematodos (SIMBA-NEM) y dinámica del nitrógeno en el suelo (SIMBA-N) (Tixier et al. 2004; Guarín y Ochoa. 2011).
- **“Sistema experto en banano basado en la web semántica”** utiliza algoritmos de aprendizaje automático para proporcionar asesoramiento experto a los usuarios finales. El sistema tiene dos módulos: 1) Módulo de asesoramiento de expertos, que toma ciertos detalles / atributos de los usuarios finales, con respecto a su cultivo y proporciona medidas de manejo, por ejemplo se puede hacer una evaluación del rendimiento el cual utiliza el algoritmo de optimización de búsqueda de Cuckoo para estimar el rendimiento de cada variedad de cultivo; y 2) el módulo del sistema de información que proporciona información sobre variedades, plagas, pesticidas, síntomas y enfermedades del cultivo de banano (Puvvada and Prasad. 2018).
- **Modelo AAB** es un modelo de crecimiento basado en procesos que tiene en cuenta las características específicas del cultivo de plátano que incluye parámetros que afectan el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento. Este modelo se evaluó en cinco variedades de plátanos comúnmente cultivados en Camerún (Batard, Big Ebanga, Essong, French clair y Mbouroukou (n°3) y cuatro híbridos de plátano (CRBP39, D248, D535 y FHIA21). Los parámetros que describen la conversión de la radiación interceptada en materia seca se evaluaron mediante el ajuste del modelo. La eficiencia fotosintética fue significativamente



mayor para los plátanos cultivados comúnmente que para los híbridos. El modelo simuló de manera realista el desarrollo, crecimiento y producción de racimos para cinco variedades (Dépigny et al. 2016).

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

- 1) **ALCLIMA**, que fue la primera plataforma de buenas prácticas climáticas en Colombia, la cual inició en el 2015. Con esta innovación se le dio al país una herramienta de coordinación e intercambio de ideas en cambio climático para que los líderes de todo el territorio compartan sus iniciativas transformadoras y sigan construyendo una comunidad de inspiración y liderazgo en cambio climático. ALCLIMA es el resultado de un trabajo entre distintos líderes colombianos de todos los sectores del país quienes participaron en un Laboratorio de Acción Climática “ACTION LAB” organizado por la Alianza Clima y Desarrollo (CDKN) y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Los participantes del ACTION LAB idearon nuevas formas de coordinar acciones para enfrentar el cambio climático y desarrollaron el prototipo de coordinación ALCLIMA. Esta iniciativa, pionera en el país, contó con el apoyo de SEMANA Sostenible, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Alianza Clima y Desarrollo (CDKN), la Sociedad Portuaria Regional de Cartagena y el INVEMAR (Alianza clima y desarrollo, 2021).
- 2) **El IDEAM** es una institución pública de apoyo técnico y científico al Sistema Nacional Ambiental, que genera conocimiento, produce información confiable, consistente y oportuna, sobre el estado y las dinámicas de los recursos naturales y del medio ambiente, que facilita la definición y ajustes de las políticas ambientales y la toma de decisiones por parte de los sectores público, privado y la ciudadanía en general. Esta institución reporta para todo el país datos hidrometereológicos con históricos de más de 30 años (IDEAM, 2021).
- 3) **El Portal Banasoft** desarrollado para productores de banano afiliados a C.I. Técnicas Baltime de Colombia S.A., es una herramienta tecnológica que les permite obtener información actualizada sobre calidad de la fruta que produce para exportación, producción, embarques y reportes relativos a la misma, para una mejor gestión de sus fincas y cultivos, así como datos climáticos y la gestión de esta para el manejo eficiente de los recursos suelo y agua (Tebaco, 2021).
- 4) **Sistema experto M.A.P.A**, creado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) en el 2013, como parte de una herramienta tecnológica que contribuye con conocimiento experto, al aumento de la capacidad local de tomar decisiones encaminadas a mejorar la adaptación de los sistemas productivos al cambio y la variabilidad climática. Ésta herramienta se concibió como una plataforma de aprendizaje con enfoque de



agricultura climáticamente inteligente, compuesta por tres módulos: el módulo A ó “SE-MAPA Estudiemos el territorio”, contiene los resultados más relevantes del proyecto MAPA, con el objetivo de fortalecer la capacidad técnica de los asistentes técnicos; el módulo B ó “Cálculo de Agua - Rendimiento”, permite de manera pedagógica la estimación de las tendencias de agua - rendimiento en cultivos como: tomate, papa, plátano, maíz y frijol, entre otros, utilizando datos climáticos y suelos, propios o los contenidos de manera demostrativa de algunas estaciones meteorológicas a lo largo del territorio nacional, en años de clima contrastante (periodos El Niño, La Niña y neutralidad); el módulo C ó “Glosario Especializado”, contiene un catálogo de expresiones ampliamente utilizado en el esquema del proyecto MAPA (Agrosavia, 2021).



CONCLUSIONES

- La mayoría de los productores están equipados y conectados al internet con celulares inteligentes y usan WhatsApp para comunicaciones, aunque la calidad de la señal es variable y, a veces débil. También hay algunos productores que cuentan con un celular sencillo (solo llamadas y textos), no tienen computador y no poseen conexión a internet. La mayoría de los productores encuestados no consultan ni toman información climática para tomar decisiones de manejo del cultivo y una minoría consulta el internet sobre temas de banano con cierta frecuencia. Muy pocos productores guardan datos productivos o financieros ya sea en un computador o en un cuaderno. No obstante, opinan que conocer y utilizar datos de clima y producción, puede ayudar a mejorar la productividad, rentabilidad y reducir riesgo en su cultivo de plátano y/o banano.
- La mayoría de los técnicos encuestados cuentan con celular tipo SmartPhone y computador, desde los cuales poseen conexión a internet y consultan diariamente información técnica. Entre las aplicaciones más usadas para conseguir este tipo de información se encuentra correo, whatsApp, buscadores y YouTube. Algunos acostumbran a consultar estaciones meteorológicas para asesorar en la toma de decisiones de manejo de los cultivos y registran y procesan datos de producción a fin de obtener un resumen de volumen y calidad de producción.
- Hasta el momento no existe una App de uso libre dirigida a productores familiares de musáceas que incluya los cinco componentes o módulos que ofrece el aplicativo °AHOra y por tanto que permita el análisis de variables meteorológicas para estimar: 1. la tasa de emisión de hojas, 2. la fecha de cosecha, 3. predecir volumen de producción, 4. estimación de fertilizantes y 5. cuantificación de volumen de agua a aplicar en riego. Es así como la creatividad del proyecto °AHOra está dada en la transformación de datos climáticos en información útil y de fácil comprensión, para que los productores y técnicos agropecuarios tomen mejores decisiones frente a las prácticas agronómicas que se realizarán teniendo en cuenta la variabilidad climática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrosavia. (02 de mayo de 2021). Sistema experto M.A.P.A. Recuperado de: <http://www.corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/SEMMapa/Inicio/>.
- Alianza clima y desarrollo. 2021. ALCLIMA: Primera plataforma web de buenas prácticas climáticas en Colombia. Recuperado de:
- Martínez Acosta, A. y Cayón Salinas, D. G. 2011. Dinámica del Crecimiento y Desarrollo del Banano (*Musa AAA Simmonds cvs. Gran Enano y Valery*). Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín 64(2): 6055-6064.
- Aránzazu, H., Valencia, J., Arcila, M., Castrillón, C., Bolaños, M., Castellanos, P., Pérez, J., &



- Rodríguez, J. (2002). El cultivo de plátano. Corpoica.
- Aula, L., P. Omara, E. Nambi, F.B. Oyebiyi, J. Dhillon, E. Eickhoff, J. Carpenter, and W.R. Raun, 2021: Active Optical Sensor Measurements and Weather Variables for Predicting Winter Wheat Yield. *Agronomy Journal*. (DOI: 10.1002/agj2.20620).
- Akinbile, C. O., A. Ogundipe, and R. O. Davids. 2020. Crop water requirements, biomass and grain yields estimation for upland rice using CROPWAT, AQUACROP and CERES simulation models. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 22 (2): 1-20.
- Arias, F; Mata, R; Alvarado, A; Serrano, E; Laguna, J. 2010. Caracterización química y clasificación taxonómica de algunos suelos cultivados con banano en las llanuras aluviales del Caribe de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 34(2), pp. 177-195.
- Basso, B., L. Liu and J.T. Ritchie. 2016. A Comprehensive Review of the CERES-Wheat, -Maize and -Rice Models' Performances. *Advances in Agronomy*, 136: 27-132.
- Belete M, Deng J, Wang K, Zhou M, Zhu E, Shifaw E, Bayissa Y. 2020. Evaluation of satellite rainfall products for modeling water yield over the source region of Blue Nile Basin. *Sci Total Environ*. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134834.
- Berrocal, J. V. (2021). Evaluación de labores agronómicas para el mejoramiento de la productividad y calidad del cultivo de banano (*Musa AAA*) en la finca Ucrania Turbo – Antioquia. Universidad de Córdoba, Montería. 42p.
- Cardona, W. A., Morales Osorno, H., Bautista Montealegre, L. G., Ospina Parra, C. E., Valencia Montoya, J. A., Bolaños Benavides, M. M., Contreras Santos, J. L., Londoño Bonilla, M. de J., & Monroy Cárdenas, D. M. (2020). Recomendaciones tecnológicas para el cultivo de plátano con destino a mercados especializados: densidades de siembra, fertilización y picudos. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia.
- Cardona, W. A., Arero, E. A. S., Bolaños-Benavides, M. M., & Zapata, D. R. G. 2019. Conservation practices to reduce soil erosion in hillsides cultivated with plantain (*Musa AAB*). In *GLOBAL SYMPOSIUM ON SOIL EROSION* (p. 328).
- Cheesman E.E., C.W. Wardlaw & G.L. Spencer. 1933. The Cavendish group of banana varieties. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 10, pp. 218-221.
- Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement [CIRAD]. (2014). *Agricultural Research for Development. Annual Report: Results and prospects*. 68 p.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria- CORPOICA. (2006). Manejo sostenible del cultivo del plátano. Recuperado de: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12888/44209_56458.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Dépigny. S., T. Lescot., R. Achard., O. Diouf., F. Côté., C. Fonbah., L. Sodom, and P. Tixier. 2016. "Model-based benchmarking of the production potential of plantains (*Musa spp.*, AAB): application to five real plantain and four plantain-like hybrid varieties in Cameroon." *The Journal of Agricultural Science*, 155: 888 - 901.
- DANE. 2014. El cultivo del plátano (*Musa paradisiaca*), un importante alimento para el mundo. Recuperado de



- https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_abr_2014.pdf.
- DANE. 2021. Boletín Técnico Exportaciones (EXPO) Agosto 2021. Recuperado de <https://img.lalr.co/cms/2021/10/01125006/Exportaciones-agosto.pdf>.
- Daniells, J., C. Jenny, D. Karamura y K. Tomekpe. (2001) Musalogue: A Catalogue of Musa Germplasm. Diversity in Genus Musa. E Arnaud, S Sharrock (eds). International Network for the Improvement of Banana and Plantain. Montpellier, France. 123 p.
- Der, G. y Everitt, B. 2001. A handbook of statistical Analyses using SAS Second Edición. Editorial Chapman y Hall/CRC. ISBN. 1-58488-245 (alk paper). Pag (263- 284; 307-309).
- Dirección Regional de Agricultura Piura. (2014). Agencia Chira – Comunicación Personal.
- Duarte, O y Paull, R. (2011). Tropical Fruits. Volumen 1. 1 ed. Oxfordshire. Inglaterra. CAB International. 408 p.
- FAO. (2016). Foro Mundial Bananero. “Producción de banano orgánico en Perú”. Recuperado de <http://www.fao.org/world-banana-forum/projects/good-practices/organic-production-peru/es/>. Consultado 08/09/2021.
- FAO. 2021a. AquaCrop. Disponible en: <https://www.fao.org/aquacrop/overview/practicalapplications/es/>
- FAO. 2021b. World Food Studies Simulation Model (WOFOST). Disponible en: <https://www.fao.org/land-water/land/land-governance/land-resources-planning-toolbox/category/details/en/c/1236431/>
- FAO. 2021c. CropSyst. Disponible en: <https://www.fao.org/land-water/land/land-governance/land-resources-planning-toolbox/category/details/en/c/1236450/>
- FAO. 2021d. CropWat. Disponible en: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/es>
- FAOSTAT. 2020. Rome: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Consultado 08/09/2021
- Giraud, H. L., y Morantes, Q. G. (2017). Aplicación del análisis multivariante para la sostenibilidad ambiental urbana. Revista Bitácora Urbano Territorial, 27, 89-100.
- Guarín, G., and A.Ochoa. 2011. APLICACIÓN DEL MODELO SIMBA-POP A LA PRODUCCIÓN DE BANANO EN URABÁ (COLOMBIA). IX Congreso Colombiano de Meteorología y Conferencia Internacional "200 años de la meteorología y de la climatología en América Latina" – Bogotá, marzo de 2011.
- Herrera, M. y Colonia, L. (2011). Guía Técnica Curso - Taller Manejo Integrado del cultivo de plátano Jornada de capacitación UNALM - AGROBANCO. Universidad Nacional Agraria La MOLINA, Perú. 33 p.
- Husson, F., Josse, J. y Pagès, J. (2010). Principal component methods - hierarchical clustering - partitionnal clustering: why would we need to choose for visualizing data?. Agrocampus, Departamento de matemática aplicada. pp. 1-17.
- ICA- Instituto Colombiano Agropecuario. (2021, 21 de diciembre). El Min Agricultura y el ICA fortalecen estrategia para la contención y prevención del Fusarium R4T [Comunicado de prensa]. Disponible en: <https://www.ica.gov.co/noticias/ica-pmu-control-fusarium>.



- ICA- Instituto Colombiano Agropecuario. (2019). Primer reporte de la marchitez por Fusarium en bananos tipo Cavendish, causada por la Raza 4 tropical, en Colombia. [Comunicado de prensa]. Disponible en: <https://www.ica.gov.co/getattachment/ICAComunica/PYP/Fusarium-R4T/Primer-reporte-de-la-marchitez-por-Fusarium-en-bananos-tipo-Cavendish-causada-por-la-Raza-4-tropical-en-Colombia.pdf.aspx?lang=es-CO>
- IDEAM. (2021). Consulta y descarga de datos hidrometeorológicos. Recuperado de: <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>.
- IDIAF (Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales). (2004). Resultados de investigación en musáceas. Santo Domingo, DO. 117 p.
- INIA- (2021). Propagación de Plantines de Banano Musa spp. en Cámara Térmica. Instituto Nacional de Innovación Agraria, Lima, Perú. 31 p.
- Karamura, E., E. Frison, D.A. Karamura y S. Sharrock. (1998). "Banana production systems in eastern and southern Africa". En Picq, Fouré & Frison, Bananas and Food security (pp. 401-412), INIBAP, Montpellier, Francia.
- Karamura, D., Karamura, E. y Blomme, G. (2011). General Plant Morphology of Musa. In *Banana Breeding Progress and Challenges*, Pillay, M.y Tenkouano, A., eds., 1-20.
- Lescot, T. (2020). Banana genetic diversity. *Fruitrop online*, 269(98), 102.
- Lezzoni, A y Pritis, M. (1991). Applications of principal component analysis to horticultural research. *HortScience* 26(4):334-338.
- Maryani, N., L. Lombard, Y.S. Poerba, S. Subandiyah, P.W. Crous y G.H.J. Kema. (2019). Phylogeny and genetic diversity of the banana Fusarium wilt pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense in the Indonesian centre of origin. *Studies in Mycology*, 92, pp. 155-194.
- Martínez, A. M. y Cayón, D. G. (2011). Dinámica del Crecimiento y Desarrollo del Banano (Musa AAA Simmonds cvs. Gran Enano y Valery). *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín* 64(2): 6055.
- Martínez-Reina, A., Correa, E., Romero, J., Tofiño, A., Cordero, C., Grandett, L., ... y Silva, G. (2020). El cultivo de hortalizas en la región Caribe de Colombia: Aspectos tecnológicos, económicos y de mercado. Agrosavia, Mosquera, Colombia. DOI <https://doi.org/10.21930/agrosavia.investigacion.7404074>. Disponible en: <http://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/book/148>
- Mangani.R., E. Tesfamariam, G. Bellocchi, and A. Hassen. 2018. Modelled impacts of extreme heat and drought on maize yield in South Africa. *Crop & Pasture Science*. <https://doi.org/10.1071/CP18117>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2019). Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA. Recuperado de: <https://www.datos.gov.co/Agricultura-y-Desarrollo-Rural/Evaluaciones-Agropecuarias-Municipales-EVA/2pnw-mmge>.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. 2020. Cadena de plátano. Dirección de cadenas agrícolas y forestales. Recuperado de: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Platano/Documentos/2020-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. 2021. Cadena de plátano. Dirección de



- cadenas agrícolas y forestales. Recuperado de: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Platano/Documentos/2021-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>.
- Nadal-Medina, Rocío, Manzo-Sánchez, Gilberto, Orozco-Romero, José, Orozco-Santos, Mario, & Guzmán-González, Salvador. (2009). Diversidad genética de bananos y plátanos (*Musa spp.*) determinada mediante marcadores RAPD. *Revista fitotecnia mexicana*, 32(1), pp. 01-07.
- Nguthi, F., M. Onyango, F. Muniu, J. Muthama y M. Njuguna. (1997). "Biotechnology to benefit small scale banana producers in Kenya," Annual report KARI, KARI, Nairobi, Kenya.
- Panigrahi, N., A. J. Thompson. S. Zobelzu y J. Knox. (2021). Identifying opportunities to improve management of water stress in banana production, *Scientia Horticulturae*. 276, pp. 109735.
- Pla, L. 1986. Análisis multivariado: método de componentes principales. Instituto Interamericano de Estadística. Secretaria General de la OEA. Washington DC. USA. 89 p.
- Ploetz, R.C., G.H. Kema y L.J. Ma. (2015). Impact of diseases on export and smallholder production of banana. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 53, pp. 269-288
- Puvvada, N. and Prasad Babu, M.S. 2018. Semantic web-based banana expert system. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, 8(3), 364-371.
- Quantitative Plant. 2021. CERES. Disponible en: <https://www.quantitative-plant.org/model/CERES>.
- Rodríguez, G., Becerra, J., Betancourt, M., Miranda, T., Alzate, S., Pisco, Y., & Sandoval, H. (2018). Modelo productivo para la producción de plátano en los Llanos Orientales. Mosquera: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), 216 p.
- Sharma A., Arora S., Sharma V., Arya V.M., Sharma S.K. 2019. Soil and weather-based yield prediction model for rainfed areas. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 89 (5).
- Stanford University. 2021. InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs). Disponible en: [InVEST | Natural Capital Project \(stanford.edu\)](https://www.naturalcapitalproject.org/)
- Southgate, D. y L. Roberts. (2016). *Globalized Fruit, Local Entrepreneurs. How One Banana-Exporting Country Achieved Worldwide Reach*. Philadelphia: U. of Pennsylvania Press.
- Scott, J. (2020). A review of root, tuber and banana crops in developing countries: past, present and future. *International Journal of Food Science & Technology*. 56 (3), pp. 1093-1114.
- Simmonds, N. (1962). *The evolution of the bananas*. Tropical Science Series Longman, Group UK Ltd, London. 170 p.
- Simmonds, N., K. Shepherd. (1955). Taxonomy and origins of cultivated bananas. *Bot. J. Linn. Soc.* 55, pp. 302-312.
- SICEX. 2021. Reportes Comercio Exterior. Recuperado de https://sicex.com/reportes/?searchText=platano&trade=expo&country=1&year_search=2020&search_report=59b5cf51aa2ae
- Soriano, R., G. Díaz y J. Vásquez. (2019). La producción de bananos asociados con leguminosas y plantas forrajeras en la República Dominicana. *Ciencia, Ambiente y Clima*. 2(2), pp. 59-65.



- Távora, M. P. (2020). Efectos del cambio climático en la productividad del banano orgánico en el Valle del Chira – Sullana – Piura. Universidad de Piura, Perú.
- Tebaco. (02 de mayo de 2021). Banasof. Recuperado de: <https://www.tebaco.com/productores/>. time models. *Acta Horticulturae*, 707:159-165.
- Tixier, P., E. Malezieux., and M. Dorel. 2004. SIMBA-POP: a cohort population model for long-term simulation of banana crop harvest. *Ecological Modelling* 180: 407–417.
- Tixier, P., Malezieux, E. y Dorel, M. y Wery, J. 2008. SIMBA, a model for desingning sustainable banana – based cropping systems. *Agricultural System* 97, 139 – 150. doi:10.1016/j.agry.2008.02.003.
- Toro-Trujillo A.M., R. Arteaga-Ramírez,M. Vázquez y L. Ibáñez-Castillo. 2016. Irrigation requirements and yield prediction of bananas growing through a simulation model in Urabá Antioqueño. *TECNOLOGIA Y CIENCIAS DEL AGUA* 7(6):105-122
- Valencia, J. (2017). Plan de choque con validación y ajuste de tecnologías emergentes en el cultivo de plátano en Colombia. Macroproyecto Desarrollo integral de modelos productivos sostenibles para el cultivo de musáceas en Colombia [Informe final de producto, documento interno].
- Van Der Heyden, D y Camacho, P. (2006). Guía metodológica para el análisis de cadenas productivas.http://www.bibliotecavirtual.info/wp-content/uploads/2012/09/guia_metodologica_analisis_cadenas_productivas_2006.pdf
- Vargas, A. (2013). Evaluación de prácticas asociadas con la remoción de flores, frutos laterales o centrales y/o del primer mano basal en el racimo de banano. *Agronomía Costarricense* 37(1), 71-90.
- Yamamoto, M. (2015). Estructura productiva-económica, Comercial, competitividad y marketing del banano orgánico de Piura durante el Periodo 2000 – 2013. Tesis para optar al grado de Magister en Agronegocios. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Yang Chen, Donohue, T. McVicar, F. Waldner, G. Mata, N. Ota, A. oushmandfar, Kavina S. Dayal, R. Lawes. 2020. Nationwide crop yield estimation based on photosynthesis and meteorological stress indices. *Agricultural and Forest Meteorology*. doi: 10.1016/j.agrformet.2019.107872

Instituciones participantes



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org