



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**  
**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO**  
**AGROPECUARIO**

**TEMA:**  
**PARÁMETROS AGRONÓMICOS DEL CULTIVO DE PLÁTANO (*Musa sp.*)**  
**APLICADOS EN AGRICULTURA DE PRECISIÓN**

**AUTOR:**  
**ZAMBRANO ARMIJOS SEIDY DAMARIS**

**TUTOR:**  
**ING. LÓPEZ MEJÍA FRANCEL XAVIER**

**EL CARMEN– MANABÍ – ECUADOR**  
**2026 (1)**

|                                                                                   |                                                                                               |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|  | NOMBRE DEL DOCUMENTO:<br>CERTIFICADO DE TUTOR(A).                                             | CÓDIGO: PAT-04-F-004 |
|                                                                                   | PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO<br>BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR | REVISIÓN: 1          |
|                                                                                   |                                                                                               | Página 1 de 1        |

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Extensión El Carmen de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante **Zambrano Armijos Seidy Damaris**, legalmente matriculada en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2026 (1), cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **“Parámetros agronómicos del cultivo del Plátano (*Musa sp*). Aplicados en agricultura de precisión”**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 03 de agosto de 2026.



Ing. Francel Xavier López Mejía Mg. Ph.D

**Docente Tutor(a)**

**Área:** Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria

**UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ**

**EXTENSIÓN EL CARMEN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TÍTULO:**

**Parámetros agronómicos del cultivo de plátano (*Musa sp.*) aplicados en agricultura  
de precisión**

**AUTOR: Seidy Damaris Zambrano Armijos**

**TUTOR: Ing. Francel Xavier López Mejía Mg. PhD.**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIA**

**TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

**Mg. Kleber Fernando Mejía Chanaluisa**



**Mg. Nexar Vismar Cobeña Loor**



**Mg. Jorge Sifrido Vivas Cedeño**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Zambrano Armijos Seidy Damaris**, con cédula de ciudadanía 131412656-4, estudiante de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión El Carmen, de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, declaro que soy autora de la tesis titulada “Parámetros agronómicos del cultivo de plátano (*Musa sp.*) aplicados en agricultura de precisión”. Esta obra es original y no infringe derechos de propiedad intelectual.

Asumo la responsabilidad total en su contenido y afirmo que todos los conceptos, ideas, textos y resultados que no son de mi autoría están debidamente citados y referenciados.

**Atentamente,**



---

**Zambrano Armijos Seidy Damaris**  
C.I. 1314126564

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco a Dios por ser mi guía, mi fortaleza y la luz que iluminó mi camino durante cada etapa de este proceso. Su amor y bendiciones me dieron la sabiduría, la paciencia y la perseverancia necesarias para superar cada desafío y alcanzar esta meta tan importante en mi vida.

A mis padres, por sus sacrificios, enseñanzas y apoyo incondicional. Gracias por creer en mí incluso en los momentos más difíciles, por motivarme a seguir adelante y por enseñarme que el esfuerzo, la responsabilidad y la dedicación siempre tienen su recompensa.

A mis abuelos, quienes con su amor, consejos y ejemplo de vida han sido un pilar fundamental en mi formación personal y profesional. Su cariño y confianza me impulsaron a nunca rendirme y a luchar por cada uno de mis sueños.

A mi hermano, por acompañarme en este camino, por su apoyo, comprensión y por brindarme ánimo cuando más lo necesité. Su presencia ha sido un impulso para seguir adelante.

A mis tíos y tías de la Familia Armijos Guerrero, por sus palabras de aliento, su confianza y el cariño que siempre me han demostrado. Cada gesto de apoyo contribuyó a fortalecer mi determinación para culminar esta etapa.

A mi novio, por su amor, comprensión y apoyo incondicional durante este proceso. Gracias por creer siempre en mí, impulsarme a seguir adelante en los momentos difíciles y celebrar cada uno de mis logros como si fueran tuyos. Tu compañía, paciencia y confianza fueron fundamentales para alcanzar esta meta. Este logro también lleva un pedacito de ti.

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi tutor de tesis, Ing. Francel Javier López Mejía, por su orientación, conocimientos, paciencia y valioso acompañamiento durante el desarrollo de esta investigación. Sus aportes y recomendaciones fueron esenciales para la culminación de este trabajo.

A todas las personas que, de una u otra manera, formaron parte de mi proceso de formación académica y personal, gracias por compartir sus conocimientos, experiencias, consejos y motivación. Cada aporte dejó una huella significativa en este logro.

## **DEDICATORIA**

Con todo mi amor y profunda gratitud, dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por iluminar mi camino, sostenerme en los momentos de dificultad y regalarme la fortaleza, la fe y la sabiduría necesarias para convertir este sueño en una realidad.

A mis padres, Jairo Zambrano Zambrano y Jessenia Armijos Guerrero, quienes con su amor, sacrificio y esfuerzo me enseñaron que no existen metas imposibles cuando se lucha con el corazón. Gracias por creer en mí, por impulsarme a seguir adelante y por ser el pilar más importante de mi vida.

A mi hermano, Alexander Zambrano Armijos, por su cariño, apoyo y por acompañarme en este camino. Gracias por brindarme ánimo en los momentos difíciles y por alegrarse sinceramente con cada uno de mis logros. Tenerte en mi vida ha sido una gran bendición.

A mis abuelos, Luis Armijos Sarmiento y Dolores Guerrero Bravo, por su inmenso cariño, sus valiosos consejos y por enseñarme, con su ejemplo, el verdadero significado de la perseverancia y la humildad. Por acompañarme en este camino y por ser una fuente constante de alegría y motivación.

Y, finalmente, me dedico este logro a mí misma, porque conozco cada lágrima, cada desvelo y cada obstáculo que tuve que superar para llegar hasta aquí. Por no rendirme cuando el camino se volvió difícil, por creer en mis sueños y por demostrarme que la constancia, la fe y el esfuerzo siempre encuentran su recompensa. Este no es solo el final de una etapa, sino el comienzo de nuevos sueños por cumplir.

## RESUMEN

El cultivo de plátano (*Musa* sp.) constituye una de las principales actividades agrícolas del cantón El Carmen, provincia de Manabí, debido a su importancia económica, social y productiva. En este contexto, la agricultura de precisión representa una alternativa para optimizar el manejo del cultivo mediante el uso de herramientas tecnológicas que favorecen la toma de decisiones agronómicas. La presente investigación tuvo como objetivo identificar los parámetros agronómicos del cultivo de plátano y su aplicabilidad en procesos de agricultura de precisión.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, de tipo descriptivo y de campo. La población estuvo conformada por aproximadamente 6.300 productores de plátano del cantón El Carmen y, mediante la aplicación de la fórmula para poblaciones finitas, se determinó una muestra de 72 productores. La información fue recopilada a través de encuestas estructuradas con escala tipo Likert, aplicadas mediante la plataforma SurveyMars. Posteriormente, los datos fueron organizados en Microsoft Excel y analizados con el software InfoStat mediante estadísticas descriptivas y la prueba de Chi-cuadrado de Pearson para identificar asociaciones significativas entre las características de los productores y las variables de estudio.

Los resultados evidenciaron una percepción favorable de los productores respecto a la utilidad de la agricultura de precisión para el monitoreo de los parámetros agronómicos y productivos del cultivo de plátano. Asimismo, se identificaron asociaciones estadísticamente significativas entre variables como la edad, el nivel de formación académica, la superficie destinada al cultivo y la ubicación de la finca y diversos aspectos relacionados con la aplicación de estas tecnologías.

Se concluye que los parámetros agronómicos constituyen una base fundamental para la implementación de la agricultura de precisión en el cultivo de plátano, debido a que proporcionan información útil para fortalecer el monitoreo, mejorar la toma de decisiones y favorecer una gestión más eficiente y sostenible de los sistemas productivos del cantón El Carmen, provincia de Manabí.

**Palabras clave:** *Musa* sp., agricultura de precisión, parámetros agronómicos, productores de plátano, monitoreo agrícola.

## ABSTRACT

Plantain (*Musa sp.*) cultivation is one of the main agricultural activities in El Carmen canton, Manabí Province, Ecuador, due to its economic, social, and productive importance. In this context, precision agriculture has emerged as an alternative to optimize crop management through the use of technological tools that support agronomic decision-making. The objective of this study was to identify the agronomic parameters of plantain cultivation and their applicability to precision agriculture processes.

The research was conducted using a qualitative, descriptive, and field-based approach. The study population consisted of approximately 6,300 plantain producers from El Carmen canton, and a sample of 72 producers was determined using the finite population formula. Data were collected through structured surveys based on a Likert scale and administered using the SurveyMars platform. Subsequently, the information was organized in Microsoft Excel and analyzed with InfoStat software using descriptive statistics and Pearson's Chi-square test to identify significant associations between producers' characteristics and the study variables.

The results revealed a favorable perception among producers regarding the usefulness of precision agriculture for monitoring the agronomic and productive parameters of plantain cultivation. Significant statistical associations were also identified between variables such as age, educational level, cultivated area, and farm location with different aspects related to the application of these technologies.

It is concluded that agronomic parameters constitute a fundamental basis for the implementation of precision agriculture in plantain cultivation, as they provide valuable information to strengthen crop monitoring, improve decision-making, and promote more efficient and sustainable management of production systems in El Carmen canton, Manabí Province, Ecuador.

**Keywords:** *Musa sp.*, precision agriculture, agronomic parameters, plantain producers, crop monitoring.

## ÍNDICE GENERAL

|                                                                                              |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| DECLARACIÓN DE AUDITORÍA.....                                                                | II   |
| .....                                                                                        | II   |
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....                                                                  | IV   |
| AGRADECIMIENTOS .....                                                                        | V    |
| DEDICATORIA.....                                                                             | VI   |
| RESUMEN.....                                                                                 | VII  |
| ABSTRACT .....                                                                               | VIII |
| 1. INTRODUCCIÓN .....                                                                        | 14   |
| 1.1. Planteamiento del problema .....                                                        | 16   |
| 1.2. Justificación .....                                                                     | 17   |
| 1.3. Pregunta de investigación.....                                                          | 18   |
| 1.4. Objetivos.....                                                                          | 19   |
| 1.4.1. Objetivo general .....                                                                | 19   |
| 1.4.2. Objetivos específicos.....                                                            | 19   |
| 2. MARCO TEÓRICO.....                                                                        | 20   |
| 2.1. Cultivo de plátano ( <i>Musa sp.</i> ).....                                             | 20   |
| 2.1.1. Generalidades del cultivo de plátano.....                                             | 20   |
| 2.1.2. Importancia económica, social y productiva del cultivo de plátano ( <i>Musa sp.</i> ) | 20   |
| 2.1.3. Características botánicas del cultivo de plátano.....                                 | 22   |
| 2.1.4. Requerimientos agroecológicos del cultivo. ....                                       | 23   |

|        |                                                                                              |    |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.   | Parámetros agronómicos del cultivo de plátano .....                                          | 25 |
| 2.2.1. | Definición e importancia de los parámetros agronómicos .....                                 | 25 |
| 2.2.2. | Clasificación de los parámetros agronómicos. ....                                            | 25 |
| 2.3.   | Agricultura de precisión .....                                                               | 28 |
| 2.3.1. | Evolución de la agricultura de precisión. ....                                               | 28 |
| 2.3.2. | Principios de la agricultura de precisión. ....                                              | 29 |
| 2.3.3. | Objetivos de agricultura de precisión. ....                                                  | 31 |
| 2.4.   | Relación entre los parámetros agronómicos y la agricultura de precisión. ....                | 32 |
| 2.4.1. | Importancia del monitoreo de parámetros agronómicos. ....                                    | 32 |
| 2.4.2. | Contribución de los parámetros agronómicos al manejo sostenible del cultivo de plátano. .... | 33 |
| 3.     | METODOLOGÍA .....                                                                            | 33 |
| 3.1.   | Localización del área de estudio.....                                                        | 33 |
| 3.2.   | Materiales, equipos e instrumentos utilizados. ....                                          | 35 |
| 3.3.   | Características agroclimáticas del área de estudio.....                                      | 35 |
| 3.4.   | Diseño y tipo de investigación.....                                                          | 36 |
| 3.5.   | Métodos de investigación. ....                                                               | 36 |
| 3.6.   | Población, muestra y variables de estudio. ....                                              | 37 |
| 3.6.1. | Variables de estudio. ....                                                                   | 38 |
| 3.7.   | Técnicas e instrumentos de recolección de información .....                                  | 38 |
| 3.8.   | Procesamiento y análisis de la información.....                                              | 39 |
| 4.     | RESULTADOS.....                                                                              | 39 |

|                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1. Caracterización de los productores de plátano y de las unidades productivas evaluadas                                                                     | 39 |
| 4.1.1. Edad de los productores. ....                                                                                                                           | 40 |
| 4.1.2. Ubicación de la finca.....                                                                                                                              | 41 |
| 4.1.3. Superficie destinada al cultivo .....                                                                                                                   | 41 |
| 4.1.4. Nivel de formación académica de los productores.....                                                                                                    | 42 |
| 4.2. Evaluación de los parámetros del cultivo de plátano para su aplicabilidad en la agricultura de precisión .....                                            | 43 |
| 4.2.1. Percepción de los productores sobre los parámetros agronómicos del cultivo de plátano                                                                   | 44 |
| 4.2.2. Percepción de los productores sobre los parámetros productivos del cultivo de plátano                                                                   | 46 |
| 4.2.3. Percepción de los productores sobre los sistemas de agricultura de precisión aplicados al cultivo de plátano .....                                      | 48 |
| 4.3. Asociación entre las características de los productores y las variables de estudio....                                                                    | 50 |
| 5. DISCUSIÓN .....                                                                                                                                             | 55 |
| 5.1. Influencia de la edad en la percepción sobre el uso de herramientas de agricultura de precisión para el monitoreo agronómico del cultivo de plátano ..... | 55 |
| 5.2. Influencia del nivel de formación académica en la percepción sobre el uso de herramientas de agricultura de precisión.....                                | 56 |
| 5.3. Influencia de las características de la unidad productiva en la percepción sobre la agricultura de precisión .....                                        | 57 |
| 5.4. Implicaciones para la adopción de la agricultura de precisión en el cultivo de plátano                                                                    | 58 |
| 6. CONCLUSIONES .....                                                                                                                                          | 59 |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 7. RECOMENDACIONES..... | 60 |
| 8. BIBLIOGRAFÍA .....   | 61 |
| 9. Anexos .....         | 69 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Tabla 1. Localización del área de estudio.                                                | 21        |
| <b>Tabla 2.</b> Recursos utilizados                                                       | 23        |
| <b>Tabla 3.</b> Clasificación de género                                                   | 27        |
| <b>Tabla 4.</b> Edad de encuestados                                                       | 27        |
| <b>Tabla 5.</b> Distribución de los productores según la ubicación de su finca            | 28        |
| <b>Tabla 6.</b> Distribución de los productores según la superficie destinada             | 29        |
| <b>Tabla 7.</b> Distribución de los productores según el nivel de formación académica     | 29        |
| <b>Tabla 8.</b> Distribución porcentual los parámetros agronómicos del cultivo de plátano | 31        |
| <b>Tabla 9.</b> Distribución los parámetros productivos del cultivo de plátano            | <b>33</b> |
| <b>Tabla 10.</b> Distribución sobre los sistemas de agricultura de precisión              | <b>36</b> |
| <b>Tabla 11.</b> Estadísticamente significativas                                          | 38        |
| <b>Tabla 12.</b> Estadísticamente significativas                                          | 39        |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal De El Carmen, 2021) | 21 |
|----------------------------------------------------------------------------|----|

## 1. INTRODUCCIÓN

El plátano (*Musa sp.*) es uno de los cultivos tropicales de mayor importancia económica y alimentaria en Ecuador, siendo el país líder en la exportación de banano/plátano a nivel mundial. En estudios de consumo agrícola, se estima que el cantón El Carmen, al norte de Manabí, aporta aproximadamente el 35,62 % de la superficie sembrada nacional de plátano (Sepúlveda Wilmer et al., 2017). Asimismo, a nivel nacional, el 71,6 % de los cultivos de plátano están establecidos en monocultivo, lo que evidencia una especialización del sector (Sepúlveda Wilmer et al., 2017).

La productividad del plátano presenta desafíos agronómicos eficientes y relevantes, entre ellos el manejo eficiente del agua, la nutrición equilibrada, el control de enfermedades (como la Sigatoka negra o *Fusarium*) y la obtención de altos rendimientos por unidad de superficie (Romero Cristhel et al., 2025).

Actualmente, las tecnologías modernas de AP (sensores, drones, teledetección y modelado predictivo) constituyen herramientas orientadas a la optimización de recursos en donde se mejora en la toma de decisiones. A nivel nacional, la agricultura de precisión ha encontrado aplicaciones en banano, floricultura y agroindustrias mediante riego inteligente, monitoreo de plagas y eficiencia productiva (Palacios et al., 2024).

Una revisión sistemática reciente sobre la producción en el cultivo de banano identificó que herramientas como los vehículos aéreos no tripulados (UAV), sensores multiespectrales y sistemas integrados de monitoreo están siendo utilizadas para detectar estrés, enfermedades y para la predicción de rendimiento. La mayoría de estos estudios no vinculan de manera sistemática los parámetros agronómicos tradicionales con métricas derivadas de datos de sensores, especialmente dentro de la provincia de Manabí (Romero Cristhel et al., 2025).

Dada la creciente presión causada por los costos (por ejemplo, el aumento de los precios del agua y los fertilizantes), la variabilidad climática y los objetivos de productividad, es cada vez más necesario utilizar herramientas de monitoreo tecnológico para optimizar la entrada de recursos en el crecimiento de los cultivos. La AP permite detectar deficiencias nutricionales, estrés hídrico o brotes de enfermedad con anticipación, acciones que contribuyen directamente a mejorar la productividad por hectárea y reducir pérdidas en los cultivos (Palacios et al., 2024).

Estudios en el país demuestran que la aplicación de agricultura de precisión puede incrementar la eficiencia de insumos y brindar sostenibilidad productiva (Palacios et al., 2024). La AP en el ámbito agrícola muestra un crecimiento progresivo, como los drones y sensores han sido adoptados en varios sectores agrícolas desde 2017 (Revelo, 2024).

Esta investigación se justifica por la necesidad de cubrir vacíos de conocimiento específicos en la costa del país, especialmente en el cantón El Carmen, provincia de Manabí. Aunque existen estudios globales y regionales sobre agricultura de precisión, son escasas las investigaciones que integran mediciones de campo con datos obtenidos mediante drones para el cultivo del plátano en condiciones locales ecuatorianas (Palacios et al., 2024).

En 2023, equivalentes al 36,6 % de la producción nacional de plátano (840.599 t), lo que posiciona a la provincia como el principal polo productivo; Guayas y Santo Domingo de los Tsáchilas aportaron 16,2 % (135.828 t) y 14,8 % (124.415 t), respectivamente (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2024). Además, fincas tecnificadas bajo agricultura de precisión en Ecuador han alcanzado rendimientos de 4.700 cajas por hectárea frente a promedios nacionales de 1.950 cajas/ha, un aumento superior al 140 % (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2024).

En El Carmen, el Gobierno Provincial ha fortalecido a 359 productores de plátano con análisis de suelo y asistencia técnica, evidenciando un interés local por mejorar la gestión agronómica (Prefectura de Manabí, 2023).

El estudio de los parámetros agronómicos del cultivo de plátano mediante agricultura de precisión es de gran importancia sustancial tanto a nivel local como para el contexto regional. A nivel provincial, Manabí lideró la producción con 307.447 toneladas, lo que representa el 36,6 % del total nacional (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2024).

Según los últimos datos, la superficie sembrada de plátano en Ecuador alcanzó 152.654 hectáreas, con una producción esperada es de 840.599 toneladas. Manabí y Guayas representan aproximadamente la mitad de la producción nacional, generando cerca de 65.000 empleos directos e indirectos (Saltos, 2024). A nivel provincial, Manabí lideró la producción con 307.447 toneladas, 36,6 % del total nacional (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2024).

## 1.1. Planteamiento del problema

El cultivo de plátano (*Musa sp.*) constituye uno de los rubros agrícolas de mayor importancia económica y social en el Ecuador, debido a su contribución a la seguridad alimentaria, la generación de empleo y los ingresos de miles de productores rurales. Además, este cultivo forma parte de los principales sistemas de producción agrícola del país, especialmente en regiones costeras y amazónicas del Ecuador (Fernández Fabián et al., 2021). Dentro de esta cadena agroalimentaria, el banano es uno de los productos agrícolas más valiosos de la provincia de Manabí, ya que impulsa el desarrollo económico de la agricultura y proporciona ingresos por exportación para numerosas familias agricultoras (Silva Paola et al., 2021).

La agricultura de precisión se ha convertido en una alternativa tecnológica que pretende optimizar la producción agrícola utilizando herramientas digitales, sensores remotos, drones y sistemas de monitoreo georreferenciados. Estas tecnologías permiten obtener información detallada sobre las condiciones de los cultivos, facilitan la detección oportuna de problemas de sanidad vegetal, un manejo efectivo de los recursos y una toma de decisiones agrotécnicas más precisa (Arana Zavala, 2024). Además, el uso de UAV en la agricultura ayuda a monitorear en tiempo real variables relacionadas con el estado fisiológico de las plantaciones, mejorando la productividad y sostenibilidad de los sistemas agrícolas (Vera Medranda Eliana et al., 2025).

A pesar de la importancia económica del cultivo de plátano, los sistemas de producción enfrentan actualmente diversos desafíos relacionados con el manejo agronómico, la presencia de plagas y enfermedades, el cambio climático y las limitaciones tecnológicas en el monitoreo de las plantaciones. Estas condiciones afectan el desarrollo fisiológico del cultivo, disminuyen la productividad y generan pérdidas económicas para los productores agrícolas (Castillo Jefferson et al., 2025). Mejorar el proceso de toma de decisiones agronómicas: Además, la gestión tradicional de las plantaciones y el uso limitado de tecnologías de monitoreo dificultan la detección temprana de estrés hídrico, deficiencias de nutrientes e impactos fitosanitarios en la eficiencia (Buitrago Elías et al., 2024).

Las limitaciones de la gestión agronómica y la escasa adopción de tecnologías modernas afectan negativamente la productividad agrícola y la sostenibilidad de la industria del plátano. Entre las principales consecuencias se encuentran reducciones de rendimiento, del cultivo, pérdidas económicas y baja eficiencia en el uso de recursos como agua y fertilizantes (Fernández Fabián et al., 2021). Asimismo, factores como el estrés hídrico y la mala supervisión técnica afectan

el desarrollo fisiológico de las plantaciones y reducen la calidad de la producción agrícola (Buitrago Elías et al., 2024). Estas problemáticas limitan la competitividad del sector platanero y dificultan la toma de decisiones agronómicas oportunas.

A pesar del crecimiento de las tecnologías aplicadas al sector agropecuario, aún existe limitada información sobre el uso de herramientas de agricultura de precisión para el análisis de parámetros agronómicos en cultivos de plátano en Ecuador. Diversos estudios señalan que tecnologías como drones, sensores remotos y sistemas de información geográfica permiten optimizar el monitoreo agrícola y mejorar la eficiencia productiva de los cultivos (Caicedo Caposano Oscar et al., 2020). No obstante, la adopción de estas herramientas en los sistemas de producción de banano sigue siendo limitada a algunas regiones agrícolas del país. En consecuencia, en este sentido, resulta esencial crear estudios de análisis agronómico-basados en tecnologías específicas que sean capaces de fortalecer la sostenibilidad agrícola y la toma de decisiones técnicas con respecto a la producción de plátano (Elena Ruiz et al., 2024).

Como resultado del relativamente poco uso de los métodos de agricultura de precisión para la producción del plátano, el monitoreo efectivo de los parámetros agrotécnicos no se logra fácilmente y la aplicación no alcanza a responder a los problemas de producción, así como a la sanidad vegetal. Si bien actualmente existen herramientas tecnológicas como drones, sensores remotos y sistemas de información geográfica que permiten optimizar el manejo agrícola y mejorar el rendimiento de los cultivos, su uso en sistemas de cultivo platanero aún presenta limitaciones importantes en el contexto ecuatoriano (Elena Ruiz et al., 2024). Además, diversos estudios destacan que el monitoreo tecnológico contribuye significativamente a la toma de decisiones agronómicas y al uso eficiente de recursos dentro de las plantaciones agrícolas (Caicedo Caposano Oscar et al., 2020). Por ello, resulta necesario desarrollar investigaciones orientadas al análisis agronómico mediante tecnologías de precisión que contribuyan a fortalecer la sostenibilidad y competitividad del cultivo de plátano en el cantón El Carmen, provincia de Manabí.

## **1.2. Justificación**

La presente investigación se justifica por la necesidad de fortalecer el conocimiento sobre la aplicación de la agricultura de precisión en el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*), debido a que la incorporación de tecnologías para el monitoreo y manejo del cultivo aún es limitada en

este sistema productivo. Quintero et al. (2021) demostraron que la implementación de un modelo de agricultura de precisión en plátano hartón permitió mejorar el crecimiento de las plantas y optimizar el uso del agua mediante procesos automatizados. De igual forma, la literatura científica indica que la integración de drones, sensores remotos y otras herramientas digitales facilita el monitoreo de variables agrotécnicas, permitiendo un manejo más eficiente y sostenible de los cultivos (Chin et al., 2023).

Presentamos información sobre los parámetros agronómicos del cultivo del plátano, que puede incorporarse en estrategias de agricultura de precisión para mejorar la gestión del área cultivada. Sánchez Palacios et al. (2024) estas tecnologías en combinación con el uso de drones, sensores y sistemas de posicionamiento facilitan el monitoreo del cultivo y fortalecen la toma de decisiones agronómicas. En este contexto, la evaluación de los parámetros agronómicos contribuirá a un manejo más eficiente del cultivo y a la mejora de su productividad (Avellán Cedeño et al., 2024).

La investigación también se justifica desde el ámbito tecnológico, debido a que promueve el uso de herramientas innovadoras para fortalecer el monitoreo y análisis de los parámetros agronómicos del cultivo de plátano. (Molina & Olmedo, 2024) destacan que la incorporación de aplicaciones con aprendizaje automático favorece la gestión de la producción platanera mediante el análisis de información en tiempo real. Correspondientemente, la agricultura de precisión conecta tecnologías de la información para mejorar la toma de decisiones y moderniza los sistemas de producción agrícola (Sánchez Palacios et al., 2024).

Esta investigación genera información técnica que permite una producción más eficiente y sostenible, lo que fortalecerá la industria del plátano. Mendoza Carlos y Giler José (2024) la producción sostenible de plátano garantiza una mejor gestión ambiental y un uso responsable de los recursos agrícolas. Asimismo, el fortalecimiento de la competitividad y sostenibilidad de la cadena productiva del plátano representa una estrategia para impulsar el desarrollo económico local y mejorar la eficiencia de los sistemas productivos (Guaña Javier et al., 2024).

### **1.3. Pregunta de investigación**

- ¿Qué parámetros agronómicos del cultivo de plátano son relevantes para su aplicación en los procesos de agricultura de precisión?

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Identificar los parámetros agronómicos del cultivo de plátano y su aplicabilidad en procesos para agricultura de precisión.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Analizar parámetros agronómicos del cultivo de plátano (*Musa sp.*) mediante mapas temáticos y recursos de análisis geoespacial.
- Clasificar los parámetros agronómicos del cultivo según su relevancia, sensibilidad y contribución a los procesos de decisión en sistemas de agricultura de precisión.
- Representar la relación funcional entre los parámetros agronómicos y los componentes tecnológicos de la agricultura de precisión mediante modelos conceptuales, diagramas y matrices de aplicabilidad.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Cultivo de plátano (*Musa sp.*)**

#### **2.1.1. Generalidades del cultivo de plátano.**

El plátano (*Musa sp.*) pertenece a la familia Musaceae y constituye uno de los cultivos tropicales más importantes a nivel mundial. Su origen se relaciona con el sudeste asiático, donde ocurrió la domesticación de especies silvestres como *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*, consideradas los principales progenitores genéticos de los cultivares actuales. Descubrir estas líneas evolutivas dio lugar a diversos grupos cultivados; los plátanos del grupo AAB han llevado a su lugar principal en las zonas tropicales, debido a su gran capacidad productiva y adaptabilidad (Sambles et al., 2020).

La producción de plátano se concentra en la región costera del Ecuador, donde las condiciones climáticas son adecuadas. Por ello, el cantón El Carmen en la provincia de Manabí es notable y valorado, ya que representa una actividad importante para la dinámica agrícola debido al alto porcentaje de área cultivada con plátano barraganete. Esta actividad es una importante fuente de ingresos para los productores locales y es uno de los sistemas de producción más importantes de la región (Molina Melany et al., 2024).

#### **2.1.2. Importancia económica, social y productiva del cultivo de plátano (*Musa sp.*)**

El cultivo de plátano (*Musa sp.*) representa un componente fundamental dentro de los sistemas alimentarios de las regiones tropicales debido a su aporte como fuente de energía y nutrientes para millones de personas. Es importante para ser un alimento consumido con frecuencia, especialmente en las comunidades rurales, ya que es un alimento básico de la dieta diaria y contribuye a garantizar la disponibilidad de alimentos en diferentes periodos del año. Además, su alto rendimiento y versatilidad pueden permitir un suministro constante de recursos para la provisión local (Sambles et al., 2020).

El plátano es un cultivo importante para la seguridad alimentaria en Ecuador porque está presente tanto en sistemas agrícolas familiares como comerciales. En zonas productoras como el cantón El Carmen, provincia de Manabí, este cultivo representa no solamente una fuente de ingresos económicos, sino también un producto esencial dentro de la alimentación de las familias productoras y de la población ecuatoriana. La permanencia de estos sistemas

productivos favorece la disponibilidad de alimentos y fortalece las dinámicas agrícolas locales (Mendoza Carlos et al., 2024).

El cultivo de plátano constituye una actividad agrícola generadora de empleo debido a la cantidad de labores requeridas durante su ciclo productivo, entre ellas preparación del terreno, establecimiento, manejo agronómico, control fitosanitario, cosecha y comercialización. Estas actividades incluyen mano de obra familiar y trabajadores agrícolas, transformando el cultivo en un medio crucial de apoyo económico para las comunidades rurales enfocadas en la producción del plátano (Mendoza Carlos et al., 2024).

La producción del plátano es una de las bases del desarrollo económico agrícola en el cantón El Carmen, a través de pequeños y medianos productores vinculados a la cadena de producción. Aunque la importancia económica del cultivo está condicionada por la generación de ingresos mediante la comercialización de la fruta, estas actividades también generan un incentivo para el desarrollo de la economía local, porque atraen más actividades vinculadas al transporte, la distribución y la venta del producto (Mendoza Carlos et al., 2024).

El área sembrada y la producción que representa a nivel nacional en Ecuador se pueden atribuir a la relevancia económica de los bananos en el país, pues sin duda es uno de los cultivos más importantes en esta región costera ecuatoriana. Para 2023, el área cultivada generó aproximadamente 119.637 hectáreas en todo el país, con una generación de alrededor de 840.599 toneladas. La provincia de Manabí es la principal región productora, con cerca de 49.122 hectáreas y 307.447 toneladas; continúa representando una parte importante de la producción nacional (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2024).

El cultivo de banano es un sector agrícola muy importante en Ecuador, ya que aporta seguridad alimentaria y generación de ingresos que fortalecen la economía rural. Los sistemas familiares y comerciales dominan la producción de este cultivo, con pequeños y medianos productores que realizan actividades en gestión agronómica, cosecha y comercialización. Quito también tiene una presencia destacada en la producción de banano, siendo relevante en América Latina. Destacándose provincia de Manabí, Santo Domingo de los Tsáchilas, y Los Ríos (Ramírez et al., 2023).

### 2.1.3. Características botánicas del cultivo de plátano.

El plátano cultivado pertenece al género *Musa*, dentro de la familia Musaceae, y corresponde a materiales derivados de procesos de hibridación entre especies silvestres como *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*. En Ecuador, los cultivares de mayor importancia comercial corresponden principalmente al grupo genómico AAB, donde se encuentra el plátano barraganete, variedad ampliamente establecida en zonas productoras como El Carmen, Manabí (Avalos et al., 2025).

La clasificación taxonómica del plátano se establece de la siguiente manera:

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Liliopsida
- Orden: Zingiberales
- Familia: Musaceae
- Género: *Musa*
- Especie: *Musa* × *paradisiaca* L.

En Ecuador, los cultivares pertenecientes al grupo AAB presentan importancia productiva debido a su adaptación a condiciones tropicales y a sus características morfológicas relacionadas con crecimiento, formación del racimo y calidad del fruto (Avalos Poaquiza et al., 2025).

El sistema radical del plátano (*Musa sp.*) está conformado por raíces adventicias que se originan a partir del corno o rizoma subterráneo. Estas raíces cumplen funciones esenciales en el anclaje de la planta, la absorción de agua y nutrientes, así como en el almacenamiento de reservas necesarias para el crecimiento y desarrollo del cultivo. En general, la mayor concentración de raíces activas se encuentra en los primeros 30 a 60 cm del suelo, por lo que las propiedades físicas y químicas del suelo tienen un impacto directo en el establecimiento y la productividad de las plántulas (Fernández Fabián et al., 2021).

En Ecuador, el adecuado desarrollo del sistema radical constituye un factor determinante para alcanzar altos rendimientos en el cultivo de plátano, debido a que la eficiencia en la absorción

de agua y nutrientes favorece el crecimiento vegetativo y la formación del racimo. Investigaciones realizadas en materiales de *Musa* conservados en el banco de germoplasma del INIAP evidencian que el vigor de las plantas está asociado con características morfológicas que permiten una mejor adaptación a diferentes condiciones agroecológicas, aspecto fundamental para la selección y manejo de cultivares destinados a la producción nacional (Avalos Poaquiza et al., 2025).

En los sistemas productivos de plátano de Ecuador, especialmente en cultivares del grupo AAB como el Barraganete, el desarrollo del pseudotallo y del área foliar está influenciado por las condiciones del suelo, la disponibilidad de nutrientes y las prácticas de manejo agronómico. Estudios realizados en El Carmen, Manabí, señalan que estas variables permiten conocer el estado vegetativo de la planta y constituyen parámetros importantes para el monitoreo del cultivo y la toma de decisiones orientadas a mejorar la productividad (Cedeño-Zambrano et al., 2024).

La inflorescencia del plátano (*Musa sp.*) se origina a partir del meristemo apical y emerge por el centro del pseudotallo al finalizar la fase vegetativa. Está constituida por flores femeninas, de las cuales se desarrollan los frutos, y flores masculinas ubicadas en la parte terminal. El racimo es la principal estructura productiva del cultivo y está conformado por manos y dedos, cuyos atributos físicos determinan la calidad comercial y el rendimiento de la plantación (Nava Juan et al., 2024).

El propio plátano es una baya partenocárpica, lo que significa que se desarrolla sin semillas viables. Propiedades como la longitud, el diámetro, el peso y la uniformidad definen sus características: elementos que influyen en la aceptación en el mercado del producto. Estas características se aplican en Ecuador, en particular en el cultivo del plátano Barraganete, como indicador de la producción y para minimizar las pérdidas a lo largo de la cadena de producción y comercialización, con el fin de promover la competitividad dentro del sector (Alcívar Bravo et al., 2024).

#### **2.1.4. Requerimientos agroecológicos del cultivo.**

El cultivo de plátano (*Musa sp.*) requiere condiciones climáticas propias de las regiones tropicales, caracterizadas por temperaturas cálidas, elevada humedad relativa y una adecuada distribución de las precipitaciones durante el año. Su óptimo desarrollo se da a temperaturas entre 25 y 30 °C, precipitaciones anuales entre 1.500 y 2.500 mm y humedad relativa superior

al 70 %, en condiciones propicias para el crecimiento vegetativo, emisión foliar, floración y llenado de racimos El crecimiento y la productividad de las plantas se verán influenciados por temperaturas inferiores a 15 °C o superiores a 35 °C (Fernández Fabián et al., 2021).

El área de producción en los campos plataneros del Ecuador se encuentra comúnmente concentrada dentro de la región costera, dominada por condiciones climáticas que favorecen el establecimiento del cultivo. En el rico clima tropical húmedo, con una temperatura media anual y buena disponibilidad de agua, debido a la estabilidad climática, las bananas Barraganete se producen principalmente en los cantones El Carmen (Manabí) y Santo Domingo, contribuyendo a la consolidación de sistemas productivos especializados en la producción de banano. No obstante, el cambio climático puede afectar el comportamiento del cultivo, y por ello es necesario monitorear estas condiciones para mejorar la productividad, así como las directrices de manejo agronómico (López Mejía et al., 2022).

Entre los principales factores climáticos que afectan la producción del cultivo, la precipitación es la que más influye en la absorción de agua, el crecimiento vegetativo y la formación de racimos. De acuerdo con (Fernández Fabián et al., 2021), el cultivo requiere una distribución uniforme de las lluvias durante el año, con valores que oscilan entre **1.500 y 2.500 mm anuales**, ya que periodos prolongados de déficit hídrico o precipitaciones excesivas pueden afectar el desarrollo radicular, la emisión foliar y el rendimiento del cultivo.

La radiación solar es otro factor determinante para el desarrollo del plátano, ya que influye directamente en la actividad fotosintética, la acumulación de biomasa y la producción de frutos. Una adecuada exposición a la luz favorece el crecimiento y la calidad del racimo; sin embargo, una radiación excesiva acompañada de déficit hídrico puede provocar estrés fisiológico y reducir la productividad. En regiones tropicales como la Costa ecuatoriana, el monitoreo conjunto de la radiación solar y la precipitación permite optimizar las prácticas de manejo agronómico y mejorar la eficiencia productiva del cultivo (Panigrahi et al., 2021).

El cultivo de plátano (*Musa sp.*) muestra mejores rendimientos productivos en suelos profundos, bien drenados y con buena capacidad de retención de humedad, propiedades que promueven el desarrollo del sistema radicular y la absorción de nutrientes. Los suelos de textura franca, franco-arenosa o franco-arcillosa proporcionan condiciones adecuadas para el crecimiento de las plantas, siempre que mantengan una estructura estable y una aireación adecuada. Asimismo, el cultivo requiere un contenido suficiente de materia orgánica para

conservar la fertilidad y mejorar las propiedades físicas y biológicas del suelo (Panigrahi et al., 2021).

En Ecuador, las plantaciones comerciales de plátano se establecen principalmente en suelos con pH ligeramente ácido a neutro, entre 5,5 y 7,0, condición que favorece la disponibilidad de nutrientes esenciales y el desarrollo normal del cultivo. La evaluación de propiedades como textura, drenaje, materia orgánica y reacción del suelo constituye un aspecto fundamental para definir estrategias de fertilización y manejo agronómico que permitan mantener la productividad y sostenibilidad de las plantaciones (López Mejía et al., 2022).

## **2.2. Parámetros agronómicos del cultivo de plátano**

### **2.2.1. Definición e importancia de los parámetros agronómicos**

La sustentabilidad de la ganadería bovina se entiende como la capacidad de mantener sistemas productivos en el tiempo, con niveles adecuados de productividad, un impacto ambiental controlado y condiciones sociales que favorezcan la calidad de vida de los productores y sus familias. Desde esta perspectiva, una explotación ganadera se considera sustentable cuando es económicamente viable, socialmente equitativa y ambientalmente responsable, asegurando la conservación de los recursos naturales para las generaciones futuras (Angón *et al.* 2016).

El manejo sustentable de la ganadería de doble propósito implica prácticas orientadas al uso eficiente de los recursos, la mejora de la alimentación animal, la prevención de enfermedades y la reducción de impactos negativos sobre el suelo, el agua y la atmósfera. No obstante, estos sistemas se han visto afectados por crisis económicas, sociales, ambientales y sanitarias que han incrementado su vulnerabilidad, lo que refuerza la necesidad de analizarlos desde enfoques que integren múltiples dimensiones (Nava 2023).

### **2.2.2. Clasificación de los parámetros agronómicos.**

Los parámetros morfológicos corresponden al conjunto de características estructurales que describen el crecimiento y desarrollo del cultivo de plátano (*Musa sp.*). Estas variables permiten evaluar el estado de la planta en diferentes etapas fenológicas y constituyen indicadores del vigor vegetativo, la adaptación al ambiente y el potencial productivo. Entre los parámetros más utilizados se encuentran la altura de la planta, el diámetro del pseudotallo, el número de hojas

funcionales y las dimensiones del área foliar, debido a su relación con el comportamiento agronómico del cultivo.

La evaluación de los parámetros morfológicos proporciona información objetiva para el seguimiento del cultivo y la identificación de variaciones ocasionadas por factores genéticos o ambientales. En los sistemas de producción de plátano del Ecuador, estas variables son empleadas para comparar cultivares, estimar el crecimiento vegetativo y orientar las prácticas de manejo agronómico. Además, constituyen una base para la implementación de estrategias de agricultura de precisión, ya que permiten generar información confiable para la toma de decisiones técnicas (Avellán-Vásquez et al., 2023).

Los parámetros fisiológicos del cultivo de plátano (*Musa sp.*) permiten evaluar el funcionamiento de la planta a partir de procesos relacionados con el crecimiento, el desarrollo y la respuesta a las condiciones del ambiente. Entre los indicadores más utilizados se encuentran el vigor vegetativo y el estado de desarrollo, debido a que reflejan la capacidad de la planta para formar biomasa, emitir hojas funcionales y sostener un adecuado equilibrio fisiológico durante su ciclo productivo. Estas variables facilitan la identificación oportuna de limitaciones ocasionadas por factores nutricionales, hídricos o fitosanitarios que pueden afectar el rendimiento del cultivo (Panigrahi et al., 2021).

El vigor vegetativo expresa la condición general de la planta y se relaciona con la tasa de crecimiento, la emisión foliar y el desarrollo estructural del cultivo. En plantaciones de plátano, la evaluación periódica de estos parámetros permite conocer la respuesta del cultivo al manejo agronómico y establecer estrategias orientadas a mejorar su productividad. Estudios realizados en cultivares de *Musa* indican que el seguimiento del desarrollo vegetativo constituye una herramienta técnica para la toma de decisiones, especialmente cuando se integra con tecnologías de monitoreo utilizadas en sistemas de agricultura de precisión (Avalos Poaquiza et al., 2025).

Los parámetros productivos corresponden a las variables que permiten evaluar el rendimiento y la calidad del cultivo de plátano (*Musa sp.*). Entre los principales indicadores se encuentran el peso del racimo, el número de manos, el número de dedos y el rendimiento por hectárea, debido a que reflejan la respuesta del cultivo al manejo agronómico y a las condiciones ambientales. La medición de estos parámetros facilita la comparación del desempeño

productivo entre plantaciones y orienta la toma de decisiones técnicas (Alcívar Bravo et al., 2024).

En Ecuador, los parámetros productivos constituyen criterios esenciales para determinar la calidad comercial del plátano Barraganete y estimar la rentabilidad del cultivo. Variables como el peso del racimo y el número de dedos influyen directamente en la clasificación del producto para los mercados nacionales e internacionales. Por ello, la evaluación periódica de estos indicadores permite optimizar el manejo del cultivo y fortalecer la competitividad de la producción platanera (Alcívar Bravo et al., 2024).

Los parámetros fitosanitarios comprenden las variables que permiten evaluar el estado sanitario del cultivo de plátano (*Musa sp.*) mediante la identificación de plagas, enfermedades y otros agentes bióticos que afectan su crecimiento y productividad. Estos indicadores facilitan el diagnóstico de la condición del cultivo y la planificación de medidas de prevención y control, con el propósito de reducir pérdidas económicas y mantener la calidad de la producción (Ponce Cedeño et al., 2023)

En Ecuador, la evaluación fitosanitaria considera principalmente la incidencia y severidad de enfermedades como la Sigatoka negra (*Pseudocercospora fijiensis*), además de plagas como el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), debido a su impacto sobre el rendimiento y la calidad del cultivo. El seguimiento periódico de estos parámetros permite detectar oportunamente problemas sanitarios y establecer estrategias de manejo integrado que contribuyan a la sostenibilidad de las plantaciones (Cervantes-Álava et al., 2023).

Los indicadores edáficos comprenden las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo que condicionan el crecimiento, la nutrición y la productividad del cultivo de plátano (*Musa spp.*). Entre los más relevantes se encuentran la textura, el pH, el contenido de materia orgánica, la humedad y la disponibilidad de macronutrientes como fósforo, potasio, calcio y magnesio. Esto permite evaluar estos rasgos para identificar la fertilidad del suelo y establecer prácticas de manejo con base en los requisitos de su cultivo (Soto-Valenzuela et al., 2024).

El monitoreo de indicadores del suelo sirve como una herramienta clave para maximizar la productividad de las plantaciones de plátano y banano en Ecuador. La investigación en la provincia de Los Ríos muestra que las variables pH, materia orgánica y disponibilidad de nutrientes tienen efectos directos sobre el desarrollo del cultivo y la eficiencia de los fertilizantes. Por ello, el análisis periódico del suelo favorece una adecuada planificación del

manejo agronómico y contribuye a la sostenibilidad de los sistemas de producción (García et al., 2022).

### **2.3.Agricultura de precisión**

La agricultura de precisión constituye un sistema de gestión agrícola basado en la identificación y el manejo de la variabilidad espacial y temporal presente dentro de una unidad de producción. Su objetivo consiste en aplicar prácticas de manejo diferenciadas según las condiciones específicas de cada sector del cultivo, con el fin de optimizar el uso de los recursos, mejorar la productividad y reducir los impactos ambientales. Este enfoque integra información proveniente del suelo, el cultivo y el ambiente para apoyar la toma de decisiones agronómicas (Zhaoyu Zhai et al., 2020).

Este enfoque de manejo se sustenta en la recopilación, procesamiento e interpretación de información proveniente del cultivo y del entorno productivo para establecer decisiones basadas en evidencia. La integración de estos datos permite identificar la variabilidad existente dentro de la plantación y definir zonas con requerimientos específicos, con el propósito de optimizar el uso de insumos, mejorar la eficiencia de las labores agrícolas y fortalecer la sostenibilidad del sistema de producción (Rajendra Sishodia et al., 2020).

#### **2.3.1. Evolución de la agricultura de precisión.**

Saiz-Rubio y Rovira Francisco (2020) señalan que las primeras actividades agrícolas se fundamentaban en un manejo uniforme de las parcelas, donde las decisiones sobre fertilización, riego y control fitosanitario se aplicaban de forma general, sin considerar la variabilidad existente dentro del terreno. Este modelo tradicional permitió incrementar la producción durante varias décadas; sin embargo, también evidenció limitaciones relacionadas con el uso ineficiente de los recursos naturales y la disminución de la productividad en zonas con diferentes condiciones de suelo y cultivo.

Rajendra Sishodia et al. (2020) explican que el desarrollo de sensores remotos, los sistemas de posicionamiento global (GPS), los sistemas de información geográfica (SIG) y otras tecnologías de adquisición de datos transformaron la gestión agrícola al facilitar la identificación de la variabilidad espacial y temporal de los cultivos. La incorporación de estas herramientas permitió generar información precisa sobre las condiciones del suelo y del cultivo,

lo que favoreció la planificación de prácticas de manejo más eficientes (Rajendra Sishodia et al., 2020).

Muhammad Awais et al. (2025) indican que la evolución reciente de este enfoque se orienta hacia un manejo agrícola basado en datos, mediante la integración de inteligencia artificial, Internet de las Cosas, aprendizaje automático y modelos digitales que permiten analizar información en tiempo real. Estas tecnologías fortalecen la capacidad para anticipar problemas, optimizar el uso de insumos y mejorar la toma de decisiones agronómicas, con un enfoque dirigido a incrementar la productividad y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas (Muhammad Awais et al., 2025).

### **2.3.2. Principios de la agricultura de precisión.**

La variabilidad espacial y temporal constituye el principio fundamental de la agricultura de precisión, debido a que los cultivos no presentan condiciones homogéneas dentro de una misma unidad de producción. La variabilidad espacial hace referencia a las diferencias existentes entre sectores del terreno en aspectos como la fertilidad, la humedad del suelo, la topografía y el desarrollo del cultivo; mientras que la variabilidad temporal corresponde a los cambios que estas condiciones experimentan durante el ciclo productivo o entre diferentes campañas agrícolas (António Monteiro et al., 2021).

El reconocimiento de la variabilidad espacial y temporal permite delimitar zonas de manejo y adaptar las prácticas agronómicas según las necesidades específicas de cada área del cultivo. Este principio favorece una aplicación más eficiente de agua, fertilizantes y otros insumos, además de mejorar el monitoreo del estado del cultivo y fortalecer la toma de decisiones basada en información geoespacial y datos obtenidos en campo (Rajendra Sishodia et al., 2020).

La recopilación de información agrícola constituye una etapa esencial para conocer las condiciones reales del cultivo y del entorno de producción. Este proceso integra datos obtenidos mediante observaciones de campo, sensores terrestres, imágenes satelitales, vehículos aéreos no tripulados y estaciones meteorológicas, con el propósito de generar información confiable sobre el estado del suelo, el crecimiento del cultivo y las condiciones ambientales. La disponibilidad de estos datos fortalece la planificación de las labores agronómicas y mejora la toma de decisiones (Mike Teucher et al., 2022).

Jia Liu (2021) indica que la calidad y oportunidad de la información recopilada determinan la precisión de las decisiones agronómicas dentro de los sistemas de producción. La combinación de datos obtenidos mediante sensores remotos, plataformas aéreas y herramientas de análisis digital facilita el monitoreo continuo del cultivo, la detección temprana de anomalías y la optimización del uso de los recursos disponibles. Este proceso fortalece la eficiencia productiva y contribuye a una gestión agrícola sustentada en evidencia científica (Jia Liu et al., 2021).

Debido a la capacidad de transformar los datos extraídos en campo a criterios técnicos para la toma de decisiones, el análisis e interpretación de los datos son pasos indispensables dentro de la agricultura de precisión. Para el cultivo de banano en Ecuador, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ayudan en el procesamiento de la información sobre la fertilidad del suelo, la distribución espacial de los nutrientes y las demandas del cultivo, permitiendo definir estrategias específicas de fertilización para cada sector de la plantación y, además, contribuyendo a mejorar la eficiencia del manejo agronómico (Vélez, 2022).

La información proveniente de sensores, drones, imágenes satelitales y diferentes plataformas digitales se combina para que los agricultores puedan traducir el comportamiento de la finca en tiempo real e identificar variaciones que impactaron el desarrollo de los cultivos. Para la producción de banano en Ecuador, el análisis integral de esta información contribuye a la planificación de las labores agrícolas, optimiza el uso de insumos y mejora la capacidad de respuesta a problemas de producción y fitosanitarios, aspectos orientadores para mejorar la eficiencia de los recursos y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas (Romero Cristhel et al., 2025).

Monge-Freile et al. (2022) sostienen que el manejo eficiente de los recursos en los sistemas agrícolas depende del conocimiento oportuno de las necesidades hídricas del cultivo y de las condiciones ambientales. En el banano ecuatoriano, la determinación de la evapotranspiración y del coeficiente de cultivo permite establecer programas de riego acordes con la demanda real de agua, lo que contribuye a reducir pérdidas por exceso o déficit hídrico, mejorar el desarrollo de las plantas y favorecer un uso racional del recurso hídrico (Monge-Freile et al., 2022).

La optimización de la nutrición del cultivo constituye otro componente esencial del manejo eficiente de los recursos. La evaluación periódica del estado nutricional y la aplicación de soluciones nutritivas de acuerdo con los requerimientos del cultivo favorecen un mayor

aprovechamiento de los fertilizantes, disminuyen costos de producción y fortalecen la sostenibilidad de las plantaciones comerciales en Ecuador (Maceda-Martínez et al., 2024).

### **2.3.3. Objetivos de agricultura de precisión.**

Monge-Freile et al. (2022) señalan que uno de los principales objetivos de este enfoque consiste en incrementar la eficiencia productiva mediante la aplicación de prácticas agronómicas ajustadas a las necesidades reales del cultivo. En plantaciones de banano desarrolladas en Ecuador, la determinación precisa de los requerimientos hídricos permite optimizar el crecimiento de las plantas, mejorar el rendimiento y reducir el uso innecesario de agua, lo que fortalece la productividad del sistema agrícola. (Monge-Freile et al., 2022).

La agricultura de precisión busca optimizar el empleo de agua, fertilizantes, semillas y otros insumos mediante la identificación de la variabilidad presente en cada unidad de producción. La aplicación diferenciada de estos recursos reduce el desperdicio, incrementa la eficiencia de las labores agrícolas y mejora la rentabilidad de las explotaciones, al adaptar cada práctica a las condiciones específicas del cultivo (Saiz-Rubio & Francisco, 2020).

Mesías-Ruiz et al. (2023) señalan que uno de los objetivos fundamentales de este enfoque consiste en reducir las pérdidas de producción mediante la detección temprana de plagas, enfermedades y deficiencias nutricionales. La integración de inteligencia artificial, sensores, vehículos aéreos no tripulados y sistemas de apoyo a la decisión permite identificar oportunamente anomalías en el cultivo y aplicar medidas correctivas específicas. Estas estrategias disminuyen el uso innecesario de insumos, reducen los daños sobre la producción y favorecen una gestión agrícola más eficiente (Mesías-Ruiz et al., 2023).

Monteiro et al. (2021) sostienen que la agricultura de precisión promueve sistemas productivos más sostenibles al favorecer un uso racional de los recursos naturales y reducir los impactos ambientales asociados con la actividad agrícola. La aplicación localizada de insumos, el monitoreo permanente del cultivo y la evaluación continua de las condiciones del suelo contribuyen a conservar los recursos disponibles, disminuir la contaminación y fortalecer la sostenibilidad económica, social y ambiental de la producción agrícola (António Monteiro et al., 2021).

## **2.4. Relación entre los parámetros agronómicos y la agricultura de precisión.**

Los parámetros agronómicos constituyen la principal fuente de información para la implementación de procesos de agricultura de precisión, debido a que permiten evaluar el comportamiento del cultivo bajo diferentes condiciones de manejo. Variables como la altura de la planta, el diámetro del pseudotallo, el número de hojas, el estado fitosanitario, la humedad del suelo y el rendimiento proporcionan información objetiva sobre el desarrollo del cultivo, lo que facilita la identificación de la variabilidad existente dentro de la plantación y fortalece la planificación de prácticas agronómicas específicas (Romero Cristhel et al., 2025).

Los indicadores morfológicos, fisiológicos, productivos, fitosanitarios y edáficos permiten generar diagnósticos más precisos sobre el estado del cultivo y definir estrategias de manejo acordes con las condiciones de cada lote. La evaluación periódica de estos indicadores facilita la identificación de limitantes relacionadas con la nutrición, la disponibilidad de agua y la sanidad vegetal, aspectos que contribuyen a optimizar la toma de decisiones y mejorar la eficiencia de los sistemas de producción de musáceas en Ecuador (Soto-Valenzuela et al., 2024).

La agricultura de precisión transforma la información obtenida en campo en herramientas para la gestión técnica del cultivo mediante el análisis de datos espaciales y temporales. En este contexto, los parámetros agronómicos representan la base para establecer zonas de manejo, orientar la aplicación diferenciada de insumos y evaluar la respuesta del cultivo a las prácticas implementadas. La integración de estos elementos favorece una producción más eficiente, rentable y sostenible, acorde con los principios de una agricultura basada en información científica (Saiz-Rubio & Francisco, 2020).

### **2.4.1. Importancia del monitoreo de parámetros agronómicos.**

La integración de información agronómica consiste en reunir y analizar datos obtenidos del cultivo, el suelo y las condiciones ambientales para convertirlos en información útil que apoye la gestión agrícola. Este proceso permite relacionar indicadores como el crecimiento de las plantas, el estado nutricional, la humedad del suelo y las condiciones fitosanitarias con herramientas digitales de análisis, lo que facilita la identificación de zonas con diferentes necesidades de manejo y fortalece la toma de decisiones orientadas a mejorar la productividad, la eficiencia en el uso de los recursos y la sostenibilidad del sistema de producción (Mike Teucher et al., 2022).

#### **2.4.2. Contribución de los parámetros agronómicos al manejo sostenible del cultivo de plátano.**

Romero Cristhel et al. (2025) señalan que los parámetros agronómicos constituyen una herramienta esencial para promover un manejo sostenible del cultivo de plátano, debido a que permiten evaluar de forma continua el estado del cultivo y orientar decisiones basadas en información objetiva. El seguimiento de indicadores morfológicos, fisiológicos, productivos, fitosanitarios y edáficos facilita la aplicación eficiente de agua, fertilizantes y otras prácticas agronómicas, lo que contribuye a incrementar la productividad, optimizar el uso de los recursos disponibles y reducir el impacto ambiental, fortaleciendo la sostenibilidad de los sistemas de producción de musáceas (Romero Cristhel et al., 2025).

### **3. METODOLOGÍA**

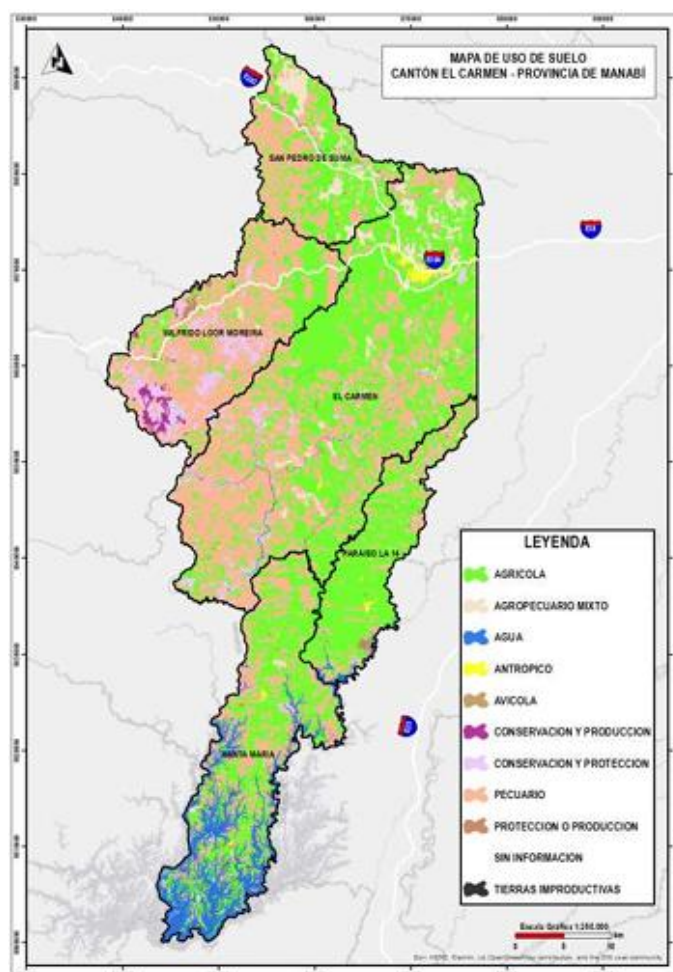
#### **3.1. Localización del área de estudio**

La presente investigación se desarrolló en el cantón El Carmen, ubicado al norte de la provincia de Manabí, Ecuador, específicamente en zonas rurales donde el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*) constituye una de las principales actividades agrícolas. Este cantón forma parte de una de las áreas de mayor importancia productiva de la provincia, debido a sus condiciones agroecológicas favorables para el establecimiento de cultivos tropicales. El estudio se realizó con productores de plátano del sector rural, quienes brindaron la información necesaria para el análisis de los parámetros agronómicos utilizados en los procesos de agricultura de precisión.

La economía del cantón El Carmen se basa principalmente en las actividades agrícolas, donde la producción de plátano proporciona una importante fuente de empleo e ingresos para los pequeños y medianos productores. La elección del área de estudio correspondió a la importancia del cultivo, en el sistema agrícola local y a la presencia de unidades de producción representativas, lo que permitió obtener información relevante para el logro de los objetivos de este estudio.

La **Figura 1** presenta la ubicación geográfica del área donde se desarrolló la investigación, mientras que la Tabla 1 resume las principales características de localización del sitio de estudio. Estos elementos permiten contextualizar el entorno geográfico en el que se recopiló la

información y proporcionan una referencia espacial para la interpretación de los resultados obtenidos.



**Figura 1.** (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal De El Carmen, 2021)

**Tabla 1.** Localización del área de estudio.

| Características         | Descripción                         |
|-------------------------|-------------------------------------|
| País                    | Ecuador                             |
| Provincia               | Manabí                              |
| Canton                  | El Carmen                           |
| Zona                    | Rural                               |
| Coordenadas geográficas | 0°16'22" S, 79°27'42" O.            |
| Altitud                 | 236 m s.n.m                         |
| Actividad económica     | Agricultura y ganadería             |
| Cultivo de estudio      | Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) |

### 3.2. Materiales, equipos e instrumentos utilizados.

Para el desarrollo de la presente investigación se emplearon materiales, equipos y herramientas informáticas que facilitaron las diferentes etapas del estudio, desde la recolección de la información hasta su organización, procesamiento y presentación de resultados. Estos recursos permitieron optimizar la aplicación del instrumento de investigación, garantizar un adecuado manejo de la información obtenida y apoyar el análisis de los datos recopilados.

**Tabla 2.** Recursos utilizados.

| <b>Categoría</b> | <b>Material, equipo o herramienta</b> | <b>Uso en la investigación</b>                                                                   |
|------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Material         | Cuestionario estructurado             | Recolección de información de los productores agrícolas.                                         |
| Equipo           | Teléfono celular inteligente          | Aplicación de las encuestas y registro de coordenadas mediante SurveyMars.                       |
| Equipo           | Computadora portátil                  | Organiza el procesamiento y análisis de la información.                                          |
| Software         | SurveyMars                            | Aplicación de encuestas y registro de coordenadas en SurveyMars.                                 |
| Software         | Microsoft Excel                       | Optimización, organización y tabulación de la base de datos.                                     |
| Software         | InfoStat                              | Análisis estadístico para frecuencia, tablas de contingencia y prueba de Chi-cuadrado de Person. |
| Software         | Microsoft Word                        | Redacción y elaboración de documento de investigación.                                           |

### 3.3. Características agroclimáticas del área de estudio.

El cantón El Carmen presenta condiciones agroclimáticas favorables para el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*), debido a la presencia de temperaturas cálidas, alta humedad relativa y precipitaciones distribuidas durante gran parte del año. Estas características permiten el adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo, razón por la cual el cantón constituye una de las principales zonas productoras de musáceas en la provincia de Manabí y un área representativa para el desarrollo de la presente investigación.

### **3.4. Diseño y tipo de investigación**

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, orientado a comprender la importancia de los parámetros agronómicos del cultivo de plátano y su contribución a los procesos de agricultura de precisión. El estudio se centró en el análisis de la información proporcionada por los productores del cantón El Carmen, provincia de Manabí, para determinar aspectos relacionados con los indicadores morfológicos, fisiológicos, productivos, fitosanitarios y edáficos, así como su contribución a la toma de decisiones para un manejo más eficiente y sostenible de los cultivos.

El diseño del estudio fue de tipo descriptivo de base en campo. El volumen descriptivo permitió caracterizar los parámetros agronómicos considerados por los productores, así como su relación con la agricultura de precisión; y el trabajo de campo ayudó a recopilar información in situ sobre la actividad agrícola. El marco teórico y la interpretación de los resultados también se basaron en una revisión documental de la literatura científica.

### **3.5. Métodos de investigación.**

El método inductivo-deductivo permitió analizar la información obtenida mediante la aplicación de las encuestas a productores de plátano del cantón El Carmen, identificando inicialmente aspectos particulares relacionados con los parámetros agronómicos y, posteriormente, estableciendo conclusiones generales sobre su aplicabilidad en procesos de agricultura de precisión. Asimismo, facilitó contrastar los fundamentos teóricos con la información recopilada durante el desarrollo de la investigación (Ñaupas Humberto et al., 2023)

El método analítico-sintético permitió examinar de manera individual cada uno de los componentes que integran las variables de estudio, entre ellos los aspectos morfológicos, fisiológicos, productivos, fitosanitarios y edáficos del cultivo de plátano. Posteriormente, la información fue integrada para interpretar la relación existente entre los parámetros agronómicos y la agricultura de precisión, en concordancia con los objetivos de la investigación (Ñaupas Humberto et al., 2023).

El método bibliográfico-documental permitió recopilar, seleccionar y analizar información proveniente de artículos científicos, libros, documentos técnicos e investigaciones publicadas en bases de datos académicas y organismos especializados. Esta información constituyó el

sustento científico para el desarrollo del marco teórico y facilitó la interpretación de los resultados obtenidos durante la investigación (Ñaupas Humberto et al., 2023).

### 3.6. Población, muestra y variables de estudio.

La población de estudio estuvo conformada por aproximadamente 6.300 productores dedicados al cultivo de plátano en el cantón El Carmen, provincia de Manabí, quienes constituyeron el universo de referencia para la presente investigación. De acuerdo con la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario (Agrocaidad , 2022), el cantón El Carmen representa una de las principales zonas productoras de plátano del país, debido a la cantidad de agricultores vinculados a esta actividad agrícola.

Debido a que la población de estudio fue conocida y delimitada, se aplicó la fórmula de población finita para determinar el tamaño de la muestra, considerando un nivel de confianza del 95 %, un margen de error del 5 %, una proporción esperada de 0,05 y una proporción de no ocurrencia de 0,95.

La fórmula aplicada fue la siguiente:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{e^2(N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

$$n = (N \times Z^2 \times p \times q) / (e^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q)$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población (6.300 productores)

Z = nivel de confianza (1,96)

e = margen de error permitido (0,05)

p = proporción esperada (0,05)

q = probabilidad de no ocurrencia (0,95)

Se obtuvo una muestra de 72 productores de plátano sustituyendo los valores correspondientes. Se contactó a los productores para participar, y las comunas proporcionaron información de contacto para voluntarios que compartieron datos de gestión de parámetros agronómicos de los cultivos junto con sus aplicaciones en sistemas de agricultura de precisión.

Las variables de estudio fueron definidas en función del objetivo general de la investigación, orientado a identificar los parámetros agronómicos del cultivo de plátano y su aplicabilidad en procesos de agricultura de precisión. Para ello, se establecieron dos variables principales:

### **3.6.1. Variables de estudio.**

Las variables de estudio fueron establecidas en función del objetivo general de la investigación, orientado a identificar los parámetros agronómicos del cultivo de plátano y su aplicabilidad en procesos relacionados con la agricultura de precisión. Para ello, se consideraron las siguientes variables principales:

#### **Variable independiente: Parámetros agronómicos del cultivo de plátano**

Comprende los elementos relacionados con las características y condiciones del cultivo que permiten evaluar su comportamiento productivo, tales como prácticas de manejo, condiciones del suelo, estado fitosanitario, características morfológicas y criterios empleados por los productores para la toma de decisiones agronómicas.

#### **Variable dependiente: Aplicabilidad de sistemas de agricultura de precisión**

Hace referencia al nivel de incorporación y percepción de utilidad de herramientas y metodologías asociadas a la agricultura de precisión, orientadas al monitoreo, recopilación y análisis de información del cultivo para mejorar la toma de decisiones agrícolas.

### **3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de información**

La técnica empleada para la recolección de información fue la encuesta, aplicada a los productores de plátano del cantón El Carmen, con el propósito de obtener información relacionada con las variables de estudio.

Como instrumento se utilizó un cuestionario estructurado, elaborado a partir de las dimensiones e indicadores establecidos para cada una de las variables de investigación. El cuestionario estuvo conformado por preguntas cerradas, lo que permitió obtener información homogénea y facilitar su posterior organización y análisis.

Las respuestas fueron registradas mediante una escala de medición tipo Likert de cinco niveles: Nunca eficiente (1), Muy poco eficiente (2), Poco eficiente (3), Eficiente (4) y Altamente eficiente (5), permitiendo valorar la percepción de los productores sobre los aspectos evaluados.

Previo a su aplicación, el cuestionario fue revisado y validado por el tutor de la investigación, quien verificó la claridad, pertinencia y coherencia de los ítems con los objetivos, variables y alcance del estudio. Posteriormente, el instrumento fue aplicado de forma presencial y digital a los 72 productores que conformaron la muestra de estudio.

### **3.8. Procesamiento y análisis de la información.**

Una vez concluida la aplicación de las encuestas, la información recopilada fue revisada, organizada y codificada para garantizar la consistencia de los datos obtenidos. Luego se creó; la base, se elaboró en Microsoft Excel, en el cual, de manera ordenada, se siguió una tabla con preguntas para cada variable de investigación.

Luego, los datos se procesaron en el software estadístico InfoStat para organizarlos con miras a un análisis posterior. El análisis fue descriptivo, ya que se construyeron tablas de frecuencia y porcentaje y una representación gráfica de los resultados para su interpretación.

Adicionalmente, se aplicó la prueba de Chi-cuadrado de Pearson con el propósito de evaluar la asociación entre las variables de estudio, considerando un nivel de significancia del 5 % ( $p < 0,05$ ). Finalmente, los resultados obtenidos fueron analizados e interpretados en función de los objetivos planteados y del sustento teórico de la investigación.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Caracterización de los productores de plátano y de las unidades productivas evaluadas**

La caracterización de los participantes permitió conocer las principales condiciones sociodemográficas y productivas de los agricultores considerados en el estudio. Para ello, se analizaron el género, la edad, la ubicación de la finca, la superficie total destinada al cultivo de plátano y el nivel de formación académica. La información se obtuvo mediante la encuesta aplicada a 72 productores del cantón El Carmen, provincia de Manabí. Género de los productores.

Según el informe de la encuesta, participaron 72 productores: 44 hombres y 28 mujeres. Esto representa el 61,11 % y el 38,89 %, respectivamente.

**Tabla 3.** Clasificación de género.

| <b>Género</b> | <b>Frecuencia</b> | <b>Porcentaje</b> |
|---------------|-------------------|-------------------|
| Masculino     | 44                | 61,11%            |
| Femenino      | 28                | 38,89%            |
| <b>Total</b>  | <b>72</b>         | <b>100,00%</b>    |

De los 72 productores encuestados, el 61,11 % correspondió al género masculino y el 38,89 % al femenino. Estos resultados muestran una mayor participación de hombres dentro de las unidades productivas evaluadas; no obstante, también se evidencia una presencia importante de mujeres vinculadas con el cultivo de plátano en el cantón El Carmen.

#### **4.1.1. Edad de los productores.**

**Tabla 4.** Edad de encuestados.

| <b>Grupo de edad</b> | <b>Frecuencia</b> | <b>Porcentaje</b> |
|----------------------|-------------------|-------------------|
| Menor de 18 años     | 0                 | 0,00%             |
| 18–25 años           | 16                | 22,22%            |
| 26–30 años           | 11                | 15,28%            |
| 31–40 años           | 7                 | 9,72%             |
| 41–50 años           | 15                | 20,83%            |
| 51–60 años           | 13                | 18,06%            |
| Mayor de 60 años     | 10                | 13,89%            |
| <b>Total</b>         | <b>72</b>         | <b>100,00%</b>    |

En cuanto a la edad, el grupo con mayor participación estuvo conformado por productores de 18 a 25 años, con el 22,22 %, seguido del grupo de 41 a 50 años, con el 20,83 %, y de aquellos entre 51 y 60 años, con el 18,06 %. Los participantes de 26 a 30 años representaron el 15,28 %, mientras que los mayores de 60 años alcanzaron el 13,89 %. La menor participación correspondió al grupo de 31 a 40 años, con el 9,72 %, y no se registraron productores menores de 18 años.

#### 4.1.2. Ubicación de la finca.

Con el propósito de determinar la distribución territorial de las unidades productivas incluidas en el estudio, se analizó la ubicación de las fincas pertenecientes a los productores de plátano encuestados en el cantón El Carmen, provincia de Manabí. Los resultados se presentan en la **Tabla 5. Distribución de los productores según la ubicación de su finca.**

| Ubicación de la finca  | Frecuencia | Porcentaje%    |
|------------------------|------------|----------------|
| Zona rural             | 51         | 70,83%         |
| El Carmen, zona urbana | 18         | 25,00%         |
| Zona periurbana        | 3          | 4,17%          |
| <b>Total</b>           | <b>72</b>  | <b>100,00%</b> |

Los resultados evidencian que el 70,83 % de las unidades productivas evaluadas se localiza en la zona rural del cantón El Carmen, constituyendo el grupo de mayor representación dentro de la muestra. En menor proporción, el 25,00 % de las fincas se encuentra en el área urbana, mientras que el 4,17 % corresponde a la zona periurbana. Esta distribución permite establecer que las unidades productivas consideradas en la investigación se encuentran predominantemente en sectores rurales, donde se concentra la mayor parte de la actividad platanera analizada.

#### 4.1.3. Superficie destinada al cultivo

Con el propósito de identificar el tamaño de las unidades productivas incluidas en la investigación, se analizó la superficie destinada al cultivo de plátano por los productores encuestados. Esta información permite conocer la dimensión de las explotaciones agrícolas consideradas en el estudio. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 4.

**Tabla 6. Distribución de los productores según la superficie destinada al cultivo de plátano**

| <b>Superficie cultivada</b> | <b>Frecuencia</b> | <b>Porcentaje (%)</b> |
|-----------------------------|-------------------|-----------------------|
| Menor a 10 ha               | 50                | 69,44                 |
| 10–20 ha                    | 14                | 19,44                 |
| 21–50 ha                    | 8                 | 11,11                 |
| Más de 50 ha                | 0                 | 0,00                  |
| <b>Total</b>                | <b>72</b>         | <b>100,00</b>         |

Los resultados muestran que el 69,44 % de los productores dispone de unidades productivas con una superficie inferior a 10 hectáreas, constituyendo el grupo con mayor representación dentro de la muestra evaluada. Por otra parte, el 19,44 % manifestó cultivar entre 10 y 20 hectáreas, mientras que el 11,11 % posee superficies comprendidas entre 21 y 50 hectáreas. No se registraron productores con extensiones superiores a 50 hectáreas. En conjunto, estos resultados evidencian que las unidades productivas incluidas en la investigación corresponden, en su mayoría, a explotaciones agrícolas de pequeña y mediana escala dedicadas al cultivo de plátano.

#### **4.1.4. Nivel de formación académica de los productores**

Con el propósito de identificar el nivel de formación académica de los productores participantes, se analizó la escolaridad reportada por los encuestados, considerando que este aspecto permite caracterizar el perfil educativo de la población incluida en el estudio. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 5.

**Tabla 7. Distribución de los productores según el nivel de formación académica**

| <b>Nivel académico</b> | <b>Frecuencia</b> | <b>Porcentaje%</b> |
|------------------------|-------------------|--------------------|
| Sin estudios           | 0                 | 0,00%              |
| Primaria               | 26                | 36,11%             |
| Secundaria             | 21                | 29,17%             |
| Técnico                | 2                 | 2,78%              |
| Universitario          | 23                | 31,94%             |
| <b>Total</b>           | <b>72</b>         | <b>100,00%</b>     |

Los resultados evidencian que el 36,11 % de los productores posee estudios de educación primaria, constituyendo el nivel de formación académica con mayor representación dentro de la población evaluada. Asimismo, el 31,94% informó haber cursado al menos educación de pregrado y el 29,17% completó la educación secundaria. En menor medida, el 2,78% indicó haber realizado estudios técnicos y no se identificó a ningún productor sin formación. Estos resultados sugieren que los productores incluidos en el estudio tienen niveles de educación académica variables, siendo la educación primaria la más común, seguida de los niveles universitarios y, luego, de los niveles de educación secundaria.

Conclusión Los rasgos de los productores nos permiten concluir que la población encuestada se diferencia en cuanto a género, edad, ubicación geográfica de las unidades de producción, área cultivada y formación académica. Esto proporciona un contexto general de los participantes evaluados en este estudio y se utilizará como referencia al discutir los parámetros agronómicos y de producción relacionados, junto con su idoneidad para la agricultura de precisión en el caso del cultivo de plátano.

#### **4.2. Evaluación de los parámetros del cultivo de plátano para su aplicabilidad en la agricultura de precisión**

Con el propósito de evaluar la percepción de los productores sobre la aplicabilidad de diferentes parámetros del cultivo de plátano en procesos de agricultura de precisión, se analizaron tres dimensiones relacionadas con los parámetros agronómicos, los parámetros productivos y los sistemas de agricultura de precisión. La información fue obtenida mediante la encuesta aplicada a los productores del cantón El Carmen, permitiendo identificar el nivel de aceptación de las herramientas tecnológicas empleadas para el monitoreo, seguimiento y gestión del cultivo. Los resultados correspondientes a cada dimensión se presentan en los apartados siguientes.

#### 4.2.1. Percepción de los productores sobre los parámetros agronómicos del cultivo de plátano

Los parámetros agronómicos fueron evaluados mediante nueve indicadores relacionados con la identificación del vigor vegetativo, la detección de estrés hídrico, la evaluación de la humedad del suelo, el reconocimiento de anomalías fisiológicas, la delimitación de áreas con características agronómicas diferenciadas, el monitoreo del estado fisiológico del cultivo, la planificación de prácticas agronómicas, el seguimiento del desarrollo fenológico y la generación de mapas para apoyar el manejo del cultivo. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 6.

**Tabla 8. Distribución porcentual de la percepción de los productores sobre los parámetros agronómicos del cultivo de plátano para su aplicabilidad en la agricultura de precisión**

| Indicador evaluado                                    | Nunca eficiente (%) | Muy es eficiente (%) | poco eficiente (%) | Poco eficiente (%) | Efficiente (%) | Altamente eficiente (%) |
|-------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------|-------------------------|
| Identificación de variaciones en el vigor vegetativo  | 15,28               | 27,78                | 19,44              | 30,56              | 6,94           |                         |
| Detección de zonas con estrés hídrico                 | 25,00               | 19,44                | 13,89              | 37,50              | 4,17           |                         |
| Identificación de diferencias en la humedad del suelo | 12,50               | 26,39                | 26,39              | 31,94              | 2,78           |                         |
| Detección de anomalías fisiológicas                   | 25,00               | 16,67                | 20,83              | 33,33              | 4,17           |                         |

| Indicador evaluado                                                       | Nunca eficiente (%) | Muy es eficiente (%) | poco eficiente (%) | Poco eficiente (%) | Eficiente (%) | Altamente eficiente (%) |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|--------------------|---------------|-------------------------|
| Delimitación de áreas con condiciones agronómicas diferenciadas          | 15,28               | 23,61                | 20,83              | 33,33              | 6,94          |                         |
| Monitoreo del estado fisiológico durante el ciclo productivo             | 18,06               | 23,61                | 20,83              | 30,56              | 6,94          |                         |
| Planificación de prácticas agronómicas según la variabilidad del cultivo | 18,06               | 20,83                | 25,00              | 31,94              | 4,17          |                         |
| Evaluación del desarrollo fenológico                                     | 18,06               | 18,06                | 20,83              | 37,50              | 5,56          |                         |
| Generación de mapas agronómicos                                          | 13,89               | 20,83                | 25,00              | 34,72              | 5,56          |                         |

Los resultados evidencian que, en la mayoría de los parámetros agronómicos evaluados, la categoría **"Eficiente"** registró el mayor porcentaje de respuestas, reflejando una percepción favorable de los productores sobre la utilidad de las herramientas de agricultura de precisión para el monitoreo del cultivo de plátano. Entre los indicadores analizados se incluyeron aspectos relacionados con el vigor vegetativo, la detección de estrés hídrico, la evaluación de la humedad del suelo y el seguimiento del estado fisiológico del cultivo.

Asimismo, en varios de los indicadores evaluados también se observó una participación importante de las categorías "**Muy poco eficiente**" y "**Poco eficiente**", lo que evidencia que una parte de los productores mantiene una percepción menos favorable sobre la aplicación de estas tecnologías. En contraste, la categoría "**Altamente eficiente**" registró una menor frecuencia de respuestas en la mayoría de los parámetros considerados. En conjunto, los resultados muestran una percepción predominantemente favorable hacia la utilización de herramientas de agricultura de precisión para el monitoreo agronómico del cultivo de plátano.

#### **4.2.2. Percepción de los productores sobre los parámetros productivos del cultivo de plátano**

La dimensión correspondiente a los parámetros productivos comprendió ocho indicadores orientados a evaluar la percepción de los productores sobre la utilidad de las herramientas de agricultura de precisión para el seguimiento del rendimiento, la identificación de áreas con diferente comportamiento productivo, la evaluación del desarrollo del cultivo y el apoyo en la planificación de las actividades de manejo.

**Tabla 9. Distribución porcentual de la percepción de los productores sobre los parámetros productivos del cultivo de plátano para su aplicabilidad en la agricultura de precisión**

| <b>Indicador evaluado</b>                                                  | <b>Nunca eficiente (%)</b> | <b>es Muy eficiente (%)</b> | <b>poco Poco eficiente (%)</b> | <b>Eficiente (%)</b> | <b>Altamente eficiente (%)</b> |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|
| Identificación de sectores de la plantación con bajo desarrollo productivo | 22,22                      | 18,06                       | 26,39                          | 31,94                | 1,39                           |
| Evaluación de la uniformidad del crecimiento y desarrollo del cultivo      | 11,11                      | 20,83                       | 27,78                          | 36,11                | 4,17                           |

| <b>Indicador evaluado</b>                                                             | <b>Nunca eficiente (%)</b> | <b>es Muy eficiente (%)</b> | <b>poco eficiente (%)</b> | <b>Poco eficiente (%)</b> | <b>Eficiente (%)</b> | <b>Altamente eficiente (%)</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------------------|
| Seguimiento del rendimiento productivo mediante monitoreo aéreo                       | 16,67                      | 20,83                       | 19,44                     |                           | 37,50                | 5,56                           |
| Identificación de pérdidas productivas asociadas a plagas o enfermedades              | 15,28                      | 20,83                       | 22,22                     |                           | 33,33                | 8,33                           |
| Análisis comparativo del rendimiento entre diferentes zonas del cultivo               | 15,28                      | 22,22                       | 25,00                     |                           | 33,33                | 4,17                           |
| Uso de información obtenida por vuelos periódicos para la planificación de la cosecha | 18,06                      | 20,83                       | 22,22                     |                           | 33,33                | 5,56                           |
| Contribución del monitoreo con dron a la mejora de la productividad del cultivo       | 15,28                      | 26,39                       | 18,06                     |                           | 31,94                | 8,33                           |
| Utilización de mapas de productividad para la toma de decisiones productivas          | 18,06                      | 19,44                       | 19,44                     |                           | 38,89                | 4,17                           |

En relación con los parámetros productivos, los resultados muestran una tendencia similar a la observada en la dimensión anterior, predominando la categoría "Eficiente" en la mayoría de los indicadores evaluados. Esta asignación de respuestas demuestra la conciencia de los

productores sobre cómo las herramientas de agricultura de precisión pueden servir como instrumentos de apoyo para monitorear cambios relacionados con variables en la producción de plátano y el desempeño del cultivo.

Pero también representó una parte significativa de las categorías de “Muy ineficiente” así como de “Ineficiente”, lo que demuestra que aún existen diferencias en la percepción de los productores con respecto a la incorporación de una tecnología en la realización de sus procesos de producción. En conjunto, los resultados permiten establecer que la valoración de los parámetros productivos presenta una aceptación mayoritariamente favorable entre los participantes.

#### **4.2.3. Percepción de los productores sobre los sistemas de agricultura de precisión aplicados al cultivo de plátano**

La tercera dimensión evaluó la percepción de los productores sobre diferentes sistemas de agricultura de precisión aplicados al cultivo de plátano, considerando indicadores relacionados con la incorporación de tecnologías para la planificación, el monitoreo y la toma de decisiones dentro de las unidades productivas. Los resultados correspondientes se presentan en la Tabla 8.

**Tabla 10. Distribución porcentual de la percepción de los productores sobre los sistemas de agricultura de precisión aplicados al cultivo de plátano**

| <b>Indicador evaluado</b>                                                                       | <b>Nunca es eficiente (%)</b> | <b>Muy poco eficiente (%)</b> | <b>Poco eficiente (%)</b> | <b>Eficiente (%)</b> | <b>Altamente eficiente (%)</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------------------|
| Integración del dron con sistemas GPS para la generación de mapas georreferenciados del cultivo | 19,44                         | 16,67                         | 19,44                     | 37,50                | 6,94                           |
| Uso de información obtenida por dron para la toma de                                            | 15,28                         | 29,17                         | 11,11                     | 37,50                | 6,94                           |

| <b>Indicador evaluado</b>                                                                                                     | <b>Nunca eficiente (%)</b> | <b>es eficiente (%)</b> | <b>Muy poco eficiente (%)</b> | <b>Poco eficiente (%)</b> | <b>Eficiente (%)</b> | <b>Altamente eficiente (%)</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------------------|
| decisiones agronómicas con manejo diferenciado                                                                                |                            |                         |                               |                           |                      |                                |
| Optimización de la aplicación localizada de fertilizantes y agroinsumos mediante análisis de imágenes aéreas                  | 15,28                      |                         | 22,22                         | 16,67                     | 37,50                | 8,33                           |
| Incorporación de los datos generados por dron en un sistema de gestión agrícola basado en agricultura de precisión            | 16,67                      |                         | 18,06                         | 22,22                     | 38,89                | 4,17                           |
| Uso de información histórica generada por el dron para comparar el comportamiento del cultivo entre ciclos productivos        | 19,44                      |                         | 20,83                         | 18,06                     | 33,33                | 8,33                           |
| Contribución del dron a la reducción del uso innecesario de insumos agrícolas mediante la identificación de zonas específicas | 13,89                      |                         | 20,83                         | 23,61                     | 36,11                | 5,56                           |

| Indicador evaluado                                                                                                          | Nunca eficiente (%) | Muy poco eficiente (%) | Poco eficiente (%) | Eficiente (%) | Altamente eficiente (%) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------|--------------------|---------------|-------------------------|
| Fortalecimiento del monitoreo técnico continuo del cultivo mediante el uso del dron                                         | 20,83               | 20,83                  | 13,89              | 37,50         | 6,94                    |
| Aplicabilidad del sistema de agricultura de precisión basado en el uso de drones en el manejo futuro del cultivo de plátano | 13,89               | 18,06                  | 23,61              | 41,67         | 2,78                    |

Los resultados evidencian que la percepción de los productores respecto a los sistemas de agricultura de precisión mantiene una tendencia favorable, predominando nuevamente la categoría "**Eficiente**" en la mayoría de los indicadores analizados. Este tipo de comportamiento representa una percepción positiva relacionada con la adopción de tecnologías para el monitoreo de cultivos y con mejoras en los procesos de gestión relacionados con la producción agrícola. En esta línea, los indicadores evaluados "Muy ineficiente" y "Algo ineficiente" también existen en muchos de ellos; esto sugiere que aún fluctúa cierta aceptación de dichas tecnologías entre los productores evaluados. El resultado general de las respuestas da lugar a una percepción positiva del aspecto de capacidad en relación con la aplicación de tecnologías de sistemas de agricultura de precisión en la producción de plátano.

#### 4.3. Asociación entre las características de los productores y las variables de estudio

Con el propósito de determinar la existencia de asociaciones entre las características sociodemográficas y productivas de los productores y las variables evaluadas en la investigación, se aplicó la prueba de **Chi-cuadrado de Pearson**. Se consideró un nivel de significancia del 5 % ( $\alpha = 0,05$ ), por lo que las asociaciones con valores de  $p < 0,05$  fueron consideradas estadísticamente significativas. Asimismo, para facilitar la interpretación de los resultados, se presentan únicamente las asociaciones que evidenciaron significancia estadística,

mientras que aquellas con  $p \geq 0,05$  no se incluyen debido a que no mostraron relación entre las variables analizadas.

**Tabla 11.** Asociaciones estadísticamente significativas identificadas mediante la prueba de Chi-cuadrado de Pearson.

| Pregunta               | Indicador evaluado*                                  | Característica del productor    | del $\chi^2$ de Pearson | de gl | p-valor | Nivel de significancia  |
|------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|-------|---------|-------------------------|
| Parámetros agronómicos | Identificación de variaciones en el vigor vegetativo | Edad                            | 51,63                   | 20    | <0,0001 | Altamente significativa |
| Parámetros agronómicos | Identificación de variaciones en el vigor vegetativo | Superficie destinada al cultivo | 16,33                   | 8     | 0,0379  | Significativa           |
| Parámetros agronómicos | Identificación de variaciones en el vigor vegetativo | Nivel de formación académica    | 48,92                   | 12    | <0,0001 | Altamente significativa |
| Parámetros productivos | Detección de zonas con estrés hídrico                | Edad                            | 38,09                   | 20    | 0,0086  | Altamente significativa |
| Parámetros productivos | Detección de zonas con estrés hídrico                | Ubicación de la finca           | 20,21                   | 8     | 0,0096  | Altamente significativa |
| Parámetros productivos | Detección de zonas con estrés hídrico                | Nivel de formación académica    | 45,56                   | 12    | <0,0001 | Altamente significativa |

**Nota.** Se presentan únicamente las asociaciones con significancia estadística ( $p < 0,05$ ) obtenidas mediante la prueba de Chi-cuadrado de Pearson. Elaboración propia a partir del procesamiento estadístico realizado en InfoStat.

La prueba de Chi-cuadrado de Pearson evidenció asociaciones estadísticamente significativas entre algunas características de los productores y los indicadores evaluados. En la variable 1, parámetros agronómicos, correspondiente a la identificación de variaciones en el vigor vegetativo del cultivo, se identificaron asociaciones altamente significativas con la edad y el nivel de formación académica, así como una asociación significativa con la superficie destinada al cultivo. En la Variable 2, parámetros productivos relacionados con la detección de zonas con estrés hídrico, se observaron asociaciones altamente significativas con la edad, la ubicación de la finca y el nivel de formación académica. Estos resultados indican que la percepción de los productores sobre estos indicadores varió de acuerdo con dichas características.

**Tabla 12.** Asociaciones estadísticamente significativas entre las características de los productores y los parámetros productivos del cultivo de plátano.

| Indicador evaluado                              | Característica productor        | del $\chi^2$ Pearson | de gl | p-valor | Nivel de significancia  |
|-------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------|---------|-------------------------|
| Estimación del rendimiento del cultivo          | Ubicación de la finca           | 15,66                | 8     | 0,0475  | Significativa           |
|                                                 | Superficie destinada al cultivo | 17,03                | 8     | 0,0298  | Significativa           |
|                                                 | Nivel de formación académica    | 71,65                | 12    | <0,0001 | Altamente significativa |
| Identificación de áreas con mayor productividad | Edad                            | 46,77                | 20    | 0,0006  | Altamente significativa |
|                                                 | Superficie destinada al cultivo | 17,48                | 8     | 0,0255  | Significativa           |

| Indicador evaluado                               | Característica<br>productora    | del $\chi^2$<br>Pearson | de<br>gl | p-valor | Nivel<br>significancia  | de |
|--------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|----------|---------|-------------------------|----|
| Evaluación del desarrollo productivo del cultivo | Nivel de formación académica    | 43,42                   | 12       | <0,0001 | Altamente significativa |    |
|                                                  | Edad                            | 35,24                   | 20       | 0,0189  | Significativa           |    |
|                                                  | Ubicación de la finca           | 16,78                   | 8        | 0,0324  | Significativa           |    |
|                                                  | Superficie destinada al cultivo | 15,69                   | 8        | 0,0470  | Significativa           |    |
| Monitoreo de la variabilidad productiva          | Nivel de formación académica    | 40,69                   | 12       | 0,0001  | Altamente significativa |    |
|                                                  | Edad                            | 62,15                   | 20       | <0,0001 | Altamente significativa |    |
|                                                  | Ubicación de la finca           | 28,52                   | 8        | 0,0004  | Altamente significativa |    |
|                                                  | Nivel de formación académica    | 40,97                   | 12       | <0,0001 | Altamente significativa |    |
| Seguimiento del crecimiento del cultivo          | Edad                            | 50,68                   | 20       | 0,0002  | Altamente significativa |    |
|                                                  | Ubicación de la finca           | 22,98                   | 8        | 0,0034  | Altamente significativa |    |
|                                                  | Nivel de formación académica    | 48,80                   | 12       | <0,0001 | Altamente significativa |    |

| Indicador evaluado                                                | Característica productor        | del $\chi^2$ Pearson | de gl | p-valor | Nivel de significancia  |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------|---------|-------------------------|
| <b>Identificación de zonas con diferente potencial productivo</b> | Género                          | 9,80                 | 4     | 0,0439  | Significativa           |
|                                                                   | Edad                            | 54,71                | 20    | <0,0001 | Altamente significativa |
|                                                                   | Ubicación de la finca           | 25,02                | 8     | 0,0015  | Altamente significativa |
|                                                                   | Nivel de formación académica    | 41,12                | 12    | <0,0001 | Altamente significativa |
| <b>Optimización de las labores de manejo del cultivo</b>          | Edad                            | 41,53                | 20    | 0,0032  | Altamente significativa |
|                                                                   | Ubicación de la finca           | 19,42                | 8     | 0,0128  | Significativa           |
|                                                                   | Superficie destinada al cultivo | 15,62                | 8     | 0,0481  | Significativa           |
|                                                                   | Nivel de formación académica    | 36,72                | 12    | 0,0002  | Altamente significativa |
| <b>Apoyo en la planificación de la producción</b>                 | Edad                            | 56,19                | 20    | <0,0001 | Altamente significativa |
|                                                                   | Ubicación de la finca           | 19,55                | 8     | 0,0122  | Significativa           |
|                                                                   | Nivel de formación académica    | 45,77                | 12    | <0,0001 | Altamente significativa |

**Nota.** Solo se han indicado las asociaciones sin hallazgos estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ ) evaluadas mediante la prueba de Chi-cuadrado de Pearson. Elaboración propia a partir del procesamiento de la información de InfoStat.

De acuerdo con los resultados de la prueba de Chi-cuadrado de Pearson, hubo correlaciones estadísticamente significativas entre distintas características de los productores y los parámetros de producción estimados. Las once variables estudiadas se asociaron con al menos un indicador de complicación postraumática; las características edad y nivel de preparación académica presentaron la mayor cantidad de asociaciones significativas ( $p < 0.05$ ) para la interpretación. Asimismo, entre los parámetros de producción, la mayoría de ellos se asociaron significativamente con la ubicación de la granja y otros indicadores relacionados con el área, mientras que se observó una única correlación significativa con un indicador relacionado con áreas con potenciales productivos variables frente al género. Se puede concluir a partir de los resultados que principalmente la edad del productor, el nivel de educación académica y algunas características de la unidad de producción afectan las percepciones de los productores sobre los parámetros de planificación en la producción.

En conjunto, los resultados obtenidos permitieron caracterizar a los productores de plátano del cantón El Carmen y conocer su percepción sobre los parámetros agronómicos, los parámetros productivos y los sistemas de agricultura de precisión aplicados al cultivo. Asimismo, el análisis mediante la prueba de Chi-cuadrado de Pearson permitió identificar asociaciones estadísticamente significativas entre determinadas características de los productores y algunos de los indicadores evaluados, constituyendo la base para el análisis e interpretación desarrollados en el siguiente capítulo.

## **5. DISCUSIÓN**

### **5.1. Influencia de la edad en la percepción sobre el uso de herramientas de agricultura de precisión para el monitoreo agronómico del cultivo de plátano**

En la presente investigación se identificó una asociación altamente significativa entre la edad de los productores y la percepción sobre el uso de imágenes aéreas georreferenciadas para identificar variaciones en el vigor vegetativo del cultivo de plátano ( $\chi^2 = 51,63$ ;  $p < 0,0001$ ). El hecho de que la evaluación de esta herramienta tecnológica varíe según el grupo de edad de quienes son evaluados indica que la edad es un factor relacionado con las percepciones sobre

la utilidad de las tecnologías de agricultura de precisión empleadas para el monitoreo agronómico.

En concordancia con el trabajo de Parmaksiz y Cinar (2023), quienes mostraron que la edad tiene una influencia importante en la intención de adoptar drones agrícolas. Los autores de este estudio señalan que, para productores que presentan un mayor interés en la tecnología y son más proclives a la innovación, su actitud hacia la integración de drones en la gestión de la finca también es positiva cuando se relaciona con la toma de decisiones basada en información georreferenciada con monitoreo de cultivos.

Asimismo, Villamar Torres et al. (2025), en un estudio con productores de banano en Ecuador, afirman que el uso de tecnologías de agricultura de precisión se determina no solo por la disponibilidad de medios y métodos, sino también por algunas características propias de los productores: condiciones de educación y experiencia, y el acceso a los procesos de innovación tecnológica. Esto podría explicar las discrepancias encontradas en la apropiación y utilización de herramientas digitales para los sistemas de producción.

Dentro de este marco, los hallazgos de este estudio corroboran los datos científicos existentes y nos permiten concluir que la edad es una covariable asociada con las percepciones sobre el uso de herramientas de agricultura de precisión para el monitoreo agronómico de hectáreas cultivadas de banano. Estos resultados destacan el papel vital de las iniciativas de capacitación y transferencia tecnológica que se dirigen a los productores a través de distintos grupos de edad para apoyar mejor la adopción más amplia de estas herramientas en los sistemas de producción.

## **5.2. Influencia del nivel de formación académica en la percepción sobre el uso de herramientas de agricultura de precisión**

En la investigación, el nivel de formación académica presentó asociaciones altamente significativas ( $p < 0,0001$ ) con diversos indicadores correspondientes a los parámetros agronómicos y parámetros productivos evaluados mediante la prueba de Chi-cuadrado de Pearson. Entre estos se encontraron la identificación de variaciones en el vigor vegetativo, la estimación del rendimiento del cultivo y el seguimiento del crecimiento del cultivo, evidenciando que la percepción sobre la utilidad de estas herramientas tecnológicas varía según el nivel educativo de los productores.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Parmaksiz y Cinar (2023) quienes determinaron que el nivel de conocimientos y la facilidad para comprender el funcionamiento de los drones agrícolas influyen positivamente en la intención de adopción de estas tecnologías. Los autores concluyen que los productores agrícolas que tienen mayores capacidades para interpretar la información generada por las herramientas digitales tienen una actitud más favorable hacia su implementación en los sistemas de producción

Del mismo modo, Tsiouni Maria et al. (2024) señalaron que la educación agrícola y el acceso a los procesos de creación de capacidades, así como la asistencia técnica, son factores habilitantes principales para la adopción de prácticas de agricultura de precisión. La investigación mostró que cuanto mayor es su nivel de formación académica y su acceso a servicios de asesoría técnica, más preparados están los productores para adoptar tecnologías digitales en la gestión de cultivos y aumentar los procesos de toma de decisiones con base en datos objetivos.

Esto ofrece resultados que nos permiten afirmar que el nivel de formación académica es una variable determinante en cuanto a las percepciones sobre las herramientas de agricultura de precisión para el cultivo de plátano. Por lo tanto, para apoyar el aumento de la adopción de estas herramientas y para una mejor gestión de las unidades de producción, es importante fortalecer los programas de capacitación y asistencia técnica relacionados con el uso de tecnologías digitales.

### **5.3. Influencia de las características de la unidad productiva en la percepción sobre la agricultura de precisión**

El análisis mediante Chi-cuadrado evidenció asociaciones significativas entre la superficie cultivada, la ubicación de la finca y varios indicadores tecnológicos. La superficie se relacionó con la identificación del vigor vegetativo ( $\chi^2 = 16,33$ ;  $p = 0,0379$ ), mientras que la ubicación mostró asociaciones con la estimación del rendimiento ( $\chi^2 = 15,66$ ;  $p = 0,0475$ ) y el monitoreo de la variabilidad productiva ( $\chi^2 = 28,52$ ;  $p = 0,0004$ ).

Žáková Kroupová et al. (2025) determinaron que el tamaño de la explotación constituye uno de los factores socioeconómicos más relevantes para adoptar tecnologías de agricultura de precisión. Las fincas con mayor escala tienen mayor capacidad de inversión, acceso a capital y oportunidades para obtener ventajas operativas a través de sensores, sistemas digitales y tecnologías de monitoreo.

Además, el uso de estas tecnologías aumenta significativamente con el tamaño de la explotación agrícola. Las explotaciones agrícolas de mayor escala están utilizando cada vez más monitores de rendimiento, mapas de suelos y sistemas de gestión, porque su implementación ofrece una ventaja operativa y financiera mayor (McFadden & Lim, 2024).

Este punto indica que el valor de las herramientas digitales en el cultivo del banano está determinado por el tamaño y la ubicación. En consecuencia, las estrategias de transferencia tecnológica que deben utilizarse deben adaptarse a la escala de la producción, la infraestructura y la accesibilidad territorial, sin proponer nunca el mismo modelo de soluciones para unidades agrícolas con condiciones variables.

#### **5.4. Implicaciones para la adopción de la agricultura de precisión en el cultivo de plátano**

La evidencia estadística obtenida mostró que la edad, el nivel de formación académica, la superficie destinada al cultivo y la ubicación de la finca presentaron asociaciones significativas con diferentes indicadores relacionados con los parámetros agronómicos, productivos y los sistemas de agricultura de precisión. Estos resultados muestran que la aplicación de estas tecnologías no depende de un solo factor, sino de la interacción entre las características del productor y las condiciones de la unidad productiva, reflejando la necesidad de una estrategia de implementación adaptada a cada contexto.

Este patrón coincide con el propuesto por Khaspuria et al. (2024), quienes concluyeron que los factores socioeconómicos, institucionales y tecnológicos (incluidos el tamaño de la finca, el nivel educativo, el acceso al crédito y los servicios de extensión agrícola) desempeñan un papel significativo en la adopción de tecnologías de agricultura de precisión. La capacitación técnica es, según argumentan, uno de los ingredientes clave necesarios para superar las barreras de adopción y lograr una implementación significativa de estas herramientas.

Productores del Ecuador, Villamar Torres et al. (2025), encontraron resultados similares en productores de Ecuador. factores más importantes entre estos son la disponibilidad de educación, poder acceder a infraestructura y tener acceso a tecnologías digitales. Estos resultados validan nuestros hallazgos y demuestran que la implementación de estas herramientas debe considerar las condiciones particulares de los sistemas de producción, en lugar de centrarse únicamente en la disponibilidad de tecnología.

Técnicamente, los hallazgos implican que las intervenciones de agricultura de precisión en la producción de banano son más efectivas cuando incluyen capacitaciones sobre prácticas recomendadas, así como acceso a tecnologías adecuadas para las condiciones locales. En consecuencia, fortalecer los programas de extensión agrícola y promover la adopción gradual de herramientas digitales puede ayudar a integrar estas innovaciones de manera más efectiva, al tiempo que aumenta la eficiencia productiva y mejora la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios.

En general, los resultados indicaron que la percepción de los productores sobre la agricultura de precisión en el cultivo de banano varió según las características del productor y de la unidad de producción. Los artículos propuestos sobre la adopción de estas herramientas tecnológicas se basan en la edad, el nivel de educación académica, el área cultivada y la ubicación de las fincas, lo que muestra que la implementación debe realizarse con estrategias diferenciadas para la capacitación, la asistencia técnica y la transferencia de conocimientos. En este sentido, la agricultura de precisión es una alternativa que puede fortalecer el manejo del cultivo de plátano en el cantón El Carmen, siempre y cuando su inclusión corresponda a las características y necesidades de los productores.

## **6. CONCLUSIONES**

Las características de los productores permitieron establecer que el cultivo de plátano en el cantón El Carmen se ha desarrollado en unidades productivas con diferentes características sociodemográficas y productivas. La edad, el nivel de formación académica, el área cultivada y la ubicación de las fincas son factores que distinguen a los productores y determinan su percepción sobre la incorporación de tecnologías de agricultura de precisión. La evaluación de los parámetros agronómicos permitió identificar que los productores reconocen la utilidad de las herramientas de agricultura de precisión para el monitoreo del cultivo de plátano. Asimismo, el análisis estadístico evidenció que la percepción sobre estos parámetros varía principalmente en función de la edad, la superficie cultivada y el nivel de formación académica, lo que demuestra la influencia de estas características en la valoración de dichas tecnologías.

La evaluación de parámetros agronómicos permitió establecer que los productores reconocen la utilidad de las herramientas agrícolas de precisión en el seguimiento del cultivo de plátano. Asimismo, el análisis estadístico mostro que la percepción de estos parámetros difiere principalmente dependiendo de la edad, área cultivada a nivel de educación académica

mostrando la influencia de estas características en la evaluación de las tecnologías mencionadas.

La revisión de los sistemas de agricultura de precisión reveló que los productores reconocen las oportunidades que estas tecnologías pueden brindar para mejorar el monitoreo, la planificación y la toma de decisiones en cultivos de banano. Sin embargo, no todas las producciones adoptaron estas herramientas, ya que estaba directamente relacionado con el contexto específico de los productores y de las unidades de producción, lo que refleja la necesidad de diseñar procesos de capacitación y asistencia técnica que faciliten su incorporación.

El estudio permitió identificar los parámetros agronómicos y productivos más importantes del cultivo de plátano con potencial de aplicación en procesos de agricultura de precisión, mostrando que la percepción de los productores está influenciada tanto por factores personales como por las características de las unidades de producción. Por lo tanto, la implementación de estas tecnologías es una alternativa para fortalecer el manejo de cultivos en el cantón El Carmen, brindando documentación técnica que puede servir de base para el desarrollo de estrategias de capacitación, transferencia de tecnologías y futuras investigaciones encaminadas a promover una implementación más eficiente de la agricultura de precisión en los sistemas de producción del plátano.

## **7. RECOMENDACIONES**

Es conveniente fortalecer, los procesos de capacitación dirigidos a los productores de plátano del cantón El Carmen sobre el uso y aplicación de herramientas de agricultura de precisión. Esta acción contribuiría a mejorar el conocimiento técnico de los productores y favorecería una mayor aceptación de estas tecnologías en las actividades de monitoreo y manejo del cultivo.

De acuerdo con la evidencia generada, resulta pertinente implementar programas de asistencia técnica que consideren las diferencias relacionadas con la edad, el nivel de formación académica y las características de las unidades productivas. Esto permitirá orientar la incorporación de tecnologías de agricultura de precisión de acuerdo con las necesidades y capacidades de los productores.

A partir de los resultados alcanzados, se sugiere fortalecer la articulación entre universidades, instituciones públicas y organizaciones del sector agrícola para desarrollar proyectos de

innovación y transferencia tecnológica. Estas acciones facilitarían el acceso de los productores a herramientas de agricultura de precisión y promoverían su aplicación en el cultivo de plátano.

Considerando los resultados de la investigación, se plantea desarrollar estudios complementarios que integren evaluaciones técnicas, económicas y ambientales sobre la implementación de tecnologías de agricultura de precisión en el cultivo de plátano. Esto permitirá ampliar la información disponible y generar evidencia para apoyar la toma de decisiones en futuros proyectos de investigación y desarrollo agrícola.

En función de los hallazgos identificados, se propone diseñar estrategias de transferencia tecnológica adaptadas a las condiciones productivas del cantón El Carmen, priorizando herramientas de agricultura de precisión acordes con las características de los productores y de las unidades productivas. Esta iniciativa contribuiría a fortalecer la competitividad, sostenibilidad y modernización del sistema productivo del cultivo de plátano.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Agrocalidad . (2022). Agrocalidad ejecuta un plan de intervención para el control de moko en plátano. Obtenido de <https://www.agrocalidad.gob.ec/agrocalidad-ejecuta-un-plan-de-intervencion-para-el-control-de-moko-en-platano/>

Alcívar Bravo et al. (2024). Análisis de Merms que Afectan la Calidad del Plátano de Exportación (*Musa AAB*). *Reincisol*. Obtenido de <https://www.reincisol.com/ojs/index.php/reincisol/article/view/923>

António Monteiro et al. (2021). Agricultura de precisión para el cultivo de cosechas y la ganadería: breve reseña. *MDPI*. doi:<https://doi.org/10.3390/ani11082345>

- Arana Zavala, W. R. (2024). *Agricultura de Precisión y Optimización de la Producción de Cultivo*. Obtenido de Ciencia interdisciplinaria Internacional: <https://cienciainterdisciplinaria.com/index.php/files/article/view/6>
- Avalos et al. (2025). La clasificación taxonómica del plátano se establece de la siguiente manera:. *MDPI*. doi:<https://www.mdpi.com/2673-7655/5/3/34>
- Avalos Poaquiza et al. (2025). Caracterización morfológica y ecogeográfica de la colección de *Musa L.* en el banco de genes del INIAP, Ecuador. *MDPI*. doi:<https://www.mdpi.com/2673-7655/5/3/34>
- Avellán Cedeño et al. (2024). Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo del cultivo de plátano (*Musa AAB* Simmonds). *INIAP*. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/items/7875930d-9bd2-423b-a603-af4d5798398e>
- Avellán-Vásquez et al. (2023). Citoquininas en el crecimiento de cultivares de plátano *Musa AAB* en el primer ciclo de producción. *Revista UTM*. Obtenido de <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/5785>
- Bazzo, C. O., Kamali, B., Hütt, C., Bareth, G., & Gaiser, T. (21 de Enero de 2023). *MDPI*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2072-4292/15/3/639>
- Buitrago Bolívar, E., Rico Franco, J., & Rojas Amador, S. (2024). *Monitoreo de cultivos y suelos en agricultura de precisión con UAV e inteligencia artificial: una revisión*. Obtenido de Universidad Distrital Francisco José De Caldas: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/22360>
- Caicedo Caposano, O., Ruíz Parrales, I., Montecé Mosquera, F., Cadena Piedrahíta, D., & Alcívar Torres, L. (2020). *Actualidad de las tecnologías de la información y comunicación tic's en la producción agropecuaria*. Obtenido de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7527956>
- Cartaya, L. D., Córdova, R., & Peralvo, M. (3 de Marzo de 2022). *weADAPT*. Obtenido de <https://weadapt.org/solutions-portal/climate-smart-livestock-production-in-ecuador-climate-change-adaptation-for-small-and-medium-sized-livestock-producers-with-special-focus-on-the-imbabura-and-loja-provinces>

- Castillo Castillo, J., Chanchignia Martínez, H., Arteaga Alcívar, F., & Álava Cruz, D. (2025). *Rizobacterias y Trichodermas antagonistas al control de nematodos fitoparásitos en plátano barraganete (Musa paradisiaca L.)*. Obtenido de Ciencia y Tecnología: <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/994>
- Cedeño-Zambrano et al. (2024). Morphological response of the 'Barraganete' plantain (*Musa AAB*) to magnesium levels under dryland conditions. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*. Obtenido de <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/44265>
- Cervantes-Álava et al. (2023). Evaluación de fungicidas utilizados en el manejo de la Sigatoka negra en el cultivo de banano. *Universidad Del Zulia*. Obtenido de <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/download/40193/45589>
- Chin et al. (28 de Marzo de 2023). Detección de enfermedades de las plantas mediante drones en la agricultura de precisión. *Enlace a la naturaleza de Springer*. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s11119-023-10014-y>
- Fernández, F., Pico, J., & Avellán, B. (2021). *Guía para la producción y manejo integrado del cultivo de plátano*. Obtenido de INIAP: <https://repositorio.iniap.gob.ec/items/717618c7-e3c5-47b5-b204-33fdefdd90ea>
- Fernández Fabián et al. (2021). Guía para la producción y manejo integrado del cultivo de plátano. *INIAP*. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/items/717618c7-e3c5-47b5-b204-33fdefdd90ea/full>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (29 de Septiembre de 2022). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Obtenido de <https://www.fao.org/gef/knowledge/knowledge-detail/cslm-ecuador>
- Furnitto, N., Ramírez-Cuesta, J. M., Intrigliolo, D. S., Todde, G., & Failla, S. (2025). Remote sensing for pasture biomass quantity and quality assessment: Challenges and future prospects. *I2*. doi:101016

- García et al. (2022). Incidencia del manejo de plantaciones comerciales del cultivo de banano sobre la calidad del suelo, Balao, Guayas. *Polo del Conocimiento*. Obtenido de <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4827/html>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal De El Carmen. (2021). *Plan de uso y gestión de suelo (PUGS) del Cantón El Carmen*. El Carmen.
- Guaña Moya, J., & Cornejo Cevallos, M. (2024). Estrategias para la optimización de recursos en la comercialización de chifles de plátano barraganete en El Carmen, Manabí. *Dialnet*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?>
- INAMH. (2011). Anuario Meteorológico – Estación El Carmen (M0160). Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/<https://www.inamhi.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>
- INEC. (Mayo de 2020). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2020*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2020/Presentacion%20ESPAC%202020.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Presentacion%20ESPAC%202020.pdf)
- Jia Liu et al. (2021). Impulsar la agricultura de precisión con teledetección mediante vehículos aéreos no tripulados e inteligencia en el borde: un estudio. *MDPI*. doi:<https://doi.org/10.3390/rs13214387>
- Khaspuria et al. (2024). Adoption of Precision Agriculture Technologies among Farmers: A Comprehensive Review. *Journal of Scientific Research and Reports*. doi:10.9734/jsrr/2024/v30i72180
- Kogut, P. (16 de Junio de 2025). *EOS DATA ANALYTICS*. Obtenido de <https://eos.com/es/blog/agricultura-de-precision/>
- López Mejía et al. (2022). Caracterización de agrosistemas productores de plátano (*Musa AAB*) en los cantones Santo Domingo y El Carmen, Ecuador. *Scielo*. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292022000400045>

- Maceda-Martínez et al. (2024). Evaluación de soluciones nutritivas enfocadas en el desarrollo de retorno en el cultivo de banano. *Revista Metropolitana* . doi: <https://doi.org/10.62452/z4flat16>
- McFadden, J., & Lim, K. (2024). Precision agriculture use increases with farm size and varies widely by technology. *Economic Research Service*. Obtenido de <https://www.ers.usda.gov/data-products/charts-of-note/110550>
- Mendoza, C., & Giler Molina, J. (2024). Gestión integral de desechos plásticos de uso agrícola en la producción de plátano del cantón El Carmen – Manabí. doi:<https://doi.org/10.56124/allpa.v7i14.0076>
- Mesias-Ruiz et al. (2023). Impulsar la protección de cultivos de precisión hacia la agricultura 5.0 mediante el aprendizaje automático y las tecnologías emergentes: una revisión contextual. *Frontiers*. Obtenido de <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2023.1143326/full>
- Mike Teucher et al. (2022). Recopilación digital de datos in situ en la observación de la Tierra, el monitoreo y la agricultura: avances hacia la agricultura digital. *MDPI*. doi:<https://doi.org/10.3390/rs14020393>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2023). *Productividad de pastos en Ecuador*. agricultura.gob.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (Junio de 2024). *MAG SIPA*. Obtenido de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2023/boletin\\_situacional\\_platano\\_2023.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2023/boletin_situacional_platano_2023.pdf)
- Molina, M., & Olmedo, J. (2024). APLICACIÓN MÓVIL CON APRENDIZAJE AUTOMÁTICO PARA LA PRODUCCIÓN DEL PLÁTANO BARRAGANETE EN EL CANTÓN EL CARMEN. Obtenido de <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/7505>
- Monge-Freile et al. (2022). Necesidades hídricas del cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) variedad Williams. *Revista UTEQ*. doi:<https://doi.org/10.18779/cyt.v15i2.581>

- Muhammad Awais et al. (2025). Avances en la agricultura de precisión mediante gemelos digitales y tecnologías de agricultura inteligente: una revisión. *MDPI*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2624-7402/7/5/137?>
- Nava Juan et al. (2024). Use of plant extracts for the protection of the plantain bunch (*Musa AAB*) against insects, Sucre municipality, Zulia State. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*. Obtenido de <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/43121>
- Ñaupas Humberto et al. (2023). Metodología de la investigación total. *Ediciones de la U*. Obtenido de <https://edicionesdelau.com/producto/metodologia-de-la-investigacion-total-cuantitativa-cualitativa-y-redaccion-de-tesis-6a-edicion>
- Palacios et al. (2024). Agricultura de Precisión en El Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. doi:10.37811/cl\_rcm.v8i1.9547
- Palacios et al. (2024). Agricultura de Precisión en El Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 1532-1542. doi:10.37811/cl\_rcm.v8i1.9547
- Panigrahi et al. (2021). Identificación de oportunidades para mejorar el manejo del estrés hídrico en la producción de banano. *Scientia Horticulturae*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109735>
- Parmaksiz, O., & Cinar, G. (2023). Technology Acceptance among Farmers: Examples of Agricultural Unmanned Aerial Vehicles. *MDPI*. doi:<https://doi.org/10.3390/agronomy13082077>
- Ponce Cedeño et al. (2023). Respuesta de monocultivos vs meclaz de cultivares de Musáceas a la infestación de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijensi*) infestación. *Código Científico*. Obtenido de <https://revistacodigocientifico.itslosandes.net/index.php/1/article/download/277/612>
- Prefectura de Manabí. (13 de Junio de 2023). *Prefectura de Manabí*. Obtenido de <https://www.manabi.gob.ec/index.php/fortalecemos-a-359-productores-de-platano-con-herramientas-y-asistencia-tecnica-para-impulsar-buenas-practicas-agricolas>

- Quintero et al. (10 de Septiembre de 2021). Diseño de un prototipo de agricultura de precisión para cultivo sostenible de plátano hartón (*musa paradisiaca*) en Casanare. Obtenido de <https://revistas.sena.edu.co/index.php/ricafec/article/view/3968?>
- Rajendra Sishodia et al. (2020). Aplicaciones de la teledetección en la agricultura de precisión: una revisión. *MDPI*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/19/3136>
- Ramírez et al. (2023). Análisis del proceso productivo y costo de producción del plátano dominico hartón (*musa aab simmonds*) en sistemas de producción chakra, en la Amazonia Ecuatoriana. *Science and Research*. Obtenido de <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/2978?>
- Revelo, R. (20 de Noviembre de 2024). *Primicias*. Obtenido de <https://www.primicias.ec/ciencia-tecnologia/drones-agricultura-precision-inteligencia-artificial-ecuador-83612>
- Romero Cristhel et al. (2025). Agricultura de precisión en la producción de banano. Revisión sistemática. *Ingenium et Potentia*. doi:10.35381/i.p.v7i12.4450
- Ruiz Pérez, E., Gaecía Reyes, R., & Machado García, N. (2024). *Application of drones in international and Cuban agriculture. A review*. Obtenido de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9918590>
- Saiz-Rubio, & Francisco, R. (2020). De la agricultura inteligente a la agricultura 5.0: una revisión de la gestión de datos de cultivos. *MDPI*. doi:<https://doi.org/10.3390/agronomy10020207>
- Salto, M. M. (13 de Diciembre de 2024). *Forbes*. Obtenido de <https://www.forbes.com.ec/negocios/ecuador-primer-exportador-platano-fresco-mundo-n64259>
- Sambles et al. (2020). Datos de secuenciación del genoma de plátanos silvestres y cultivados, bananos y abacá. *ScienceDirect*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.106341>
- Sánchez Palacios et al. (2024). Agricultura de Precisión en El Ecuador. *Ciencia Latina*. Obtenido de <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/9547>

- Santos, W. M., Martins, L. D., Bezerra, A. C., Souza, L. S., Jardim, A. M., Silva, M. V., . . . Silva, T. G. (2024). Uso de vehículos aéreos no tripulados para el monitoreo de pasturas y forrajes en ciencias agrícolas: una revisión sistemática. *MDPI*. doi:10.3390
- Sepúlveda, W., Ureta, I., Hernández, G. A., & Solorzano, G. K. (2017). CONSUMO DE PLÁTANO EN ECUADOR: HÁBITOS DE COMPRA Y DISPONIBILIDAD A PAGAR DE LOS CONSUMIDORES. *Revista em Agronegocio e Meio Ambiente*. doi:10.17765/2176-9168.2017v10n4p995-1014
- Silva Alvarado, P., Sablón Cossío, N., & Bravo Giler, M. (2021). *Estudio de la cadena agroalimentaria del plátano en la provincia de Manabí*. Obtenido de ECA Sinergia: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/ECASinergia/article/view/3430>
- Soto-Valenzuela et al. (2024). Evaluación físico, químico y microbiológico del suelo en cultivos de *Musa paradisiaca* Cavendish y *Elaeis guineensis* Jac. Provincia de los Ríos. *Revista ALFA*. Obtenido de <https://revistaalfa.org/index.php/revistaalfa/article/view/335>
- Tsiouni Maria et al. (2024). How Do Agricultural Education, Advisory, and Financial Factors Affect the Adoption of Precision Farming in Greece. *MDPI*. doi:<https://doi.org/10.3390/proceedings2024094061>
- Vélez, D. P. (2022). Optimización de la fertilización del cultivo de banano mediante el uso de herramientas SIG. *Universidad Agraria del Ecuador*. doi:<https://doi.org/10.37959/revista.v1i15.220>
- Vera Medranda, E., & Zambrano Solorzano, T. (2025). *Impacto de drones en la agricultura: aplicaciones y beneficios en la producción de cultivos*. Obtenido de G-NER@ANDO: <https://revista.gnerando.org/revista/index.php/RCMG/article/view/583>
- Villamar torres et al. (2025). Precision Agriculture in Banana Cultivation: Adoption Patterns, Barriers, and Pathways for Sustainable Innovation in Ecuador. *BJAER*. doi:<https://doi.org/10.34188/bjaerv8n4-209>
- Zdeňka Kroupová et al. (2025). Drivers and barriers to precision agriculture technology and digitalisation adoption: Meta-analysis of decision choice models. *Springer Nature Link*. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s11119-024-10213-1>

Zhaoyu Zhai et al. (2020). Sistemas de apoyo a la toma de decisiones para la agricultura 4.0: Panorama general y desafíos. *ScienceDirect*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169919316497?via%3Dihub>

## 9. Anexos

## Anexo 1. Preguntas realizadas a los productores de plátano.

| <b>Encuesta sobre Parámetros Agronómicos del Cultivo de Plátano</b>                                                                                                                                                                           |                                  |                                       |                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| <b>Bienvenido/a.</b>                                                                                                                                                                                                                          |                                  |                                       |                             |
| La presente encuesta tiene como finalidad recopilar información sobre los parámetros agronómicos del cultivo de plátano para un estudio académico universitario. Su participación contribuirá al análisis e investigación del tema planteado. |                                  |                                       |                             |
| Toda la información proporcionada será tratada con absoluta confidencialidad y utilizada únicamente con fines académicos.                                                                                                                     |                                  |                                       |                             |
| Agradecemos su tiempo y colaboración.                                                                                                                                                                                                         |                                  |                                       |                             |
| <b>Género</b>                                                                                                                                                                                                                                 |                                  |                                       |                             |
| <input type="radio"/> Masculino                                                                                                                                                                                                               | <input type="radio"/> Femenino   | <input type="radio"/> Otros           |                             |
| <b>Tu grupo de edad</b>                                                                                                                                                                                                                       |                                  |                                       |                             |
| <input type="radio"/> Menor de 18                                                                                                                                                                                                             | <input type="radio"/> 18-25      | <input type="radio"/> 26-30           | <input type="radio"/> 31-40 |
| <input type="radio"/> 41-50                                                                                                                                                                                                                   | <input type="radio"/> 51-60      | <input type="radio"/> Mayor de 60     |                             |
| <b>Ubicación de la finca</b>                                                                                                                                                                                                                  |                                  |                                       |                             |
| <input type="radio"/> El Carmen                                                                                                                                                                                                               | <input type="radio"/> Zona rural | <input type="radio"/> Zona periurbana |                             |
| <b>Superficie total destinada de plátano (ha)</b>                                                                                                                                                                                             |                                  |                                       |                             |
| <input type="radio"/> Menor a 10                                                                                                                                                                                                              | <input type="radio"/> 10-20      |                                       |                             |
| <input type="radio"/> 21-50                                                                                                                                                                                                                   | <input type="radio"/> Más de 50  |                                       |                             |
| <b>Nivel de formación académica del productor</b>                                                                                                                                                                                             |                                  |                                       |                             |
| <input type="radio"/> Sin Estudios                                                                                                                                                                                                            | <input type="radio"/> Primaria   |                                       |                             |
| <input type="radio"/> Secundaria                                                                                                                                                                                                              | <input type="radio"/> Técnico    |                                       |                             |
| <input type="radio"/> Universitario                                                                                                                                                                                                           |                                  |                                       |                             |
| <b>Cultivo - Plátano</b>                                                                                                                                                                                                                      |                                  |                                       |                             |
| <b>VARIABLE 1: PARÁMETROS AGRONÓMICOS</b>                                                                                                                                                                                                     |                                  |                                       |                             |
| <b>Uso de imágenes aéreas georreferenciadas obtenidas mediante dron para identificar variaciones en el vigor vegetativo del cultivo de plátano es</b>                                                                                         |                                  |                                       |                             |
| <input type="radio"/> Nunca es eficiente<br><input type="radio"/> Muy poco eficiente<br><input type="radio"/> Poco eficiente<br><input type="radio"/> Eficiente<br><input type="radio"/> Altamente eficiente                                  |                                  |                                       |                             |
| <b>La detección de zonas con estrés hídrico a partir del análisis de imágenes captadas por dron es:</b>                                                                                                                                       |                                  |                                       |                             |
| <input type="radio"/> Nunca es eficiente<br><input type="radio"/> Muy poco eficiente<br><input type="radio"/> Poco eficiente<br><input type="radio"/> Eficiente<br><input type="radio"/> Altamente eficiente                                  |                                  |                                       |                             |
| <b>La identificación de diferencias en la humedad del suelo mediante mapas generados por dron y GPS es:</b>                                                                                                                                   |                                  |                                       |                             |
| <input type="radio"/> Nunca es eficiente<br><input type="radio"/> Muy poco eficiente<br><input type="radio"/> Poco eficiente<br><input type="radio"/> Eficiente<br><input type="radio"/> Altamente eficiente                                  |                                  |                                       |                             |
| <b>El análisis de imágenes multispectrales obtenidas con dron para detectar anomalías fisiológicas en el cultivo de plátano es:</b>                                                                                                           |                                  |                                       |                             |
| <input type="radio"/> Nunca es eficiente<br><input type="radio"/> Muy poco eficiente<br><input type="radio"/> Poco eficiente<br><input type="radio"/> Eficiente<br><input type="radio"/> Altamente eficiente                                  |                                  |                                       |                             |
| <b>La delimitación de áreas con condiciones agronómicas diferenciadas mediante información espacial obtenida por dron es:</b>                                                                                                                 |                                  |                                       |                             |
| <input type="radio"/> Nunca es eficiente<br><input type="radio"/> Muy poco eficiente<br><input type="radio"/> Poco eficiente<br><input type="radio"/> Eficiente<br><input type="radio"/> Altamente eficiente                                  |                                  |                                       |                             |
| <b>El uso del dron para monitorear el estado fisiológico del cultivo durante el ciclo productivo es:</b>                                                                                                                                      |                                  |                                       |                             |
| <input type="radio"/> Nunca es eficiente<br><input type="radio"/> Muy poco eficiente<br><input type="radio"/> Poco eficiente<br><input type="radio"/> Eficiente<br><input type="radio"/> Altamente eficiente                                  |                                  |                                       |                             |
| <b>La utilización de información obtenida por dron para planificar prácticas agronómicas específicas según la variabilidad del cultivo es:</b>                                                                                                |                                  |                                       |                             |
| <input type="radio"/> Nunca es eficiente<br><input type="radio"/> Muy poco eficiente<br><input type="radio"/> Poco eficiente<br><input type="radio"/> Eficiente<br><input type="radio"/> Altamente eficiente                                  |                                  |                                       |                             |
| <b>El apoyo del dron en la evaluación del desarrollo fisiológico del cultivo de plátano es:</b>                                                                                                                                               |                                  |                                       |                             |
| <input type="radio"/> Nunca es eficiente<br><input type="radio"/> Muy poco eficiente<br><input type="radio"/> Poco eficiente<br><input type="radio"/> Eficiente<br><input type="radio"/> Altamente eficiente                                  |                                  |                                       |                             |
| <b>La generación de mapas agronómicos a partir de imágenes captadas por dron para el manejo del cultivo es:</b>                                                                                                                               |                                  |                                       |                             |
| <input type="radio"/> Nunca es eficiente<br><input type="radio"/> Muy poco eficiente<br><input type="radio"/> Poco eficiente<br><input type="radio"/> Eficiente<br><input type="radio"/> Altamente eficiente                                  |                                  |                                       |                             |
| <b>VARIABLE 2: PARÁMETROS PRODUCTIVOS</b>                                                                                                                                                                                                     |                                  |                                       |                             |

## Anexo 2. Resultados de Infostat.

|                    | A                  | B     | C  | D      | E               | F                 | G     | H  | I       | J                 | K                 | L     | M  | N      | O                 | P                 | Q     | R  | S      | T | U |
|--------------------|--------------------|-------|----|--------|-----------------|-------------------|-------|----|---------|-------------------|-------------------|-------|----|--------|-------------------|-------------------|-------|----|--------|---|---|
|                    | Genero             |       |    |        |                 | Edad              |       |    |         |                   | Ubicación finca   |       |    |        |                   | Suha              |       |    |        |   |   |
| Variable 1         | Estadístico        | Valor | gl | p      |                 | Estadístico       | Valor | gl | p       |                   | Estadístico       | Valor | gl | p      |                   | Estadístico       | Valor | gl | p      |   |   |
|                    | Chi Cuadrado Pears | 5,67  | 4  | 0,2254 |                 | Chi Cuadrado Pear | 51,63 | 20 | 0,0001  |                   | Chi Cuadrado Pear | 12,89 | 8  | 0,1156 |                   | Chi Cuadrado Pea  | 16,33 | 8  | 0,0379 |   |   |
|                    | Chi Cuadrado MV-C  | 7,34  | 4  | 0,1188 |                 | Chi Cuadrado Mv-  | 60,36 | 20 | <0,0001 |                   | Chi Cuadrado MV-C | 14,14 | 8  | 0,0783 |                   | Chi Cuadrado MV-  | 18,6  | 8  | 0,0172 |   |   |
|                    | Coef Conting.Cram  | 0,2   |    |        |                 | Coef Conting Cr   | 0,38  |    |         |                   | Coef Conting Cram | 0,24  |    |        |                   | Coef Conting.Cran | 0,27  |    |        |   |   |
|                    | Coef.Conting.Pears | 0,27  |    |        |                 | Coef.Conting.Pe   | 0,65  |    |         |                   | Coef.Conting.Pear | 0,39  |    |        |                   | Coef.Conting.Pear | 0,43  |    |        |   |   |
|                    | Estadístico        | Valor | gl | p      |                 | Estadístico       | Valor | gl | p       |                   | Estadístico       | Valor | gl | p      |                   | Estadístico       | Valor | gl | p      |   |   |
|                    | Chi Cuadrado Pears | 4,4   | 4  | 0,3549 |                 | Chi Cuadrado Pear | 38,09 | 20 | 0,0086  |                   | Chi Cuadrado Pear | 20,21 | 8  | 0,0096 |                   | Chi Cuadrado Peai | 10,82 | 8  | 0,2118 |   |   |
|                    | Chi Cuadrado MV-C  | 5,45  | 4  | 0,2439 |                 | Chi Cuadrado MV-  | 45,5  | 20 | 0,0009  |                   | Chi Cuadrado MV-  | 24,71 | 8  | 0,0017 |                   | Chi Cuadrado MV-  | 12,08 | 8  | 0,1476 |   |   |
| Coef Conting.Cram  | 0,17               |       |    |        | Coef Conting Cr | 0,33              |       |    |         | Coef Conting Cram | 0,31              |       |    |        | Coef Conting.Cran | 0,22              |       |    |        |   |   |
| Coef.Conting.Pears | 0,24               |       |    |        | Coef.Conting.Pe | 0,59              |       |    |         | Coef.Conting.Pear | 0,47              |       |    |        | Coef.Conting.Pear | 0,36              |       |    |        |   |   |
|                    | Estadístico        | Valor | gl | p      |                 | Estadístico       | Valor | gl | p       |                   | Estadístico       | Valor | gl | p      |                   | Estadístico       | Valor | gl | p      |   |   |
|                    | Chi Cuadrado Pears | 5,65  | 4  | 0,2271 |                 | Chi Cuadrado Pear | 38,6  | 20 | 0,0075  |                   | Chi Cuadrado Pear | 17,21 | 8  | 0,028  |                   | Chi Cuadrado Peai | 17,69 | 8  | 0,0237 |   |   |
|                    | Chi Cuadrado MV-C  | 6,53  | 4  | 0,1631 |                 | Chi Cuadrado Mv-  | 41,48 | 20 | 0,0032  |                   | Chi Cuadrado MV-C | 19,98 | 8  | 0,0104 |                   | Chi Cuadrado MV-  | 19,98 | 8  | 0,0104 |   |   |
|                    | Coef Conting.Cram  | 0,2   |    |        |                 | Coef Conting Cr   | 0,33  |    |         |                   | Coef Conting Cram | 0,28  |    |        |                   | Coef Conting.Cran | 0,29  |    |        |   |   |
|                    | Coef.Conting.Pears | 0,27  |    |        |                 | Coef.Conting.Pe   | 0,59  |    |         |                   | Coef.Conting.Pear | 0,44  |    |        |                   | Coef.Conting.Pear | 0,44  |    |        |   |   |
|                    | Estadístico        | Valor | gl | p      |                 | Estadístico       | Valor | gl | p       |                   | Estadístico       | Valor | gl | p      |                   | Estadístico       | Valor | gl | p      |   |   |
|                    | Chi Cuadrado Pears | 8,94  | 4  | 0,0626 |                 | Chi Cuadrado Pear | 37,39 | 20 | 0,0105  |                   | Chi Cuadrado Pear | 20,1  | 8  | 0,01   |                   | Chi Cuadrado Peai | 16,39 | 8  | 0,0302 |   |   |
|                    | Chi Cuadrado MV-C  | 10,01 | 4  | 0,0403 |                 | Chi Cuadrado MV-  | 46,89 | 20 | 0,0006  |                   | Chi Cuadrado MV-C | 23,97 | 8  | 0,0023 |                   | Chi Cuadrado MV-  | 19,5  | 8  | 0,0124 |   |   |
| Coef Conting.Cram  | 0,25               |       |    |        | Coef Conting Cr | 0,32              |       |    |         | Coef Conting Cram | 0,31              |       |    |        | Coef Conting.Cran | 0,28              |       |    |        |   |   |
| Coef.Conting.Pears | 0,33               |       |    |        | Coef.Conting.Pe | 0,58              |       |    |         | Coef.Conting.Pear | 0,47              |       |    |        | Coef.Conting.Pear | 0,44              |       |    |        |   |   |
|                    | Estadístico        | Valor | gl | p      |                 | Estadístico       | Valor | gl | p       |                   | Estadístico       | Valor | gl | p      |                   | Estadístico       | Valor | gl | p      |   |   |
|                    | Chi Cuadrado Pears | 24,53 | 8  | 0,0019 |                 | Chi Cuadrado Pear | 20,36 | 8  | 0,0091  |                   | Chi Cuadrado Pear | 20,36 | 8  | 0,0091 |                   | Chi Cuadrado Peai | 19,45 | 8  | 0,0126 |   |   |
|                    |                    |       |    |        |                 |                   |       |    |         |                   |                   |       |    |        |                   |                   |       |    |        |   |   |



## Actualizado Copilato Seidy2

ID : 614e6b89df5ede4fec79b10f2eef7b9c4a3e3e7d



8%  
Textos sospechosos

Nombre del fichero : Actualizado Copilato Seidy2.txt

Tamaño del archivo original : 505,14 kB

Número de palabras : 13.476

Depositante : FRANCEL LOPEZ MEJIA

Fecha de depósito : 6 de agosto de 2026

Tipo de carga : interface

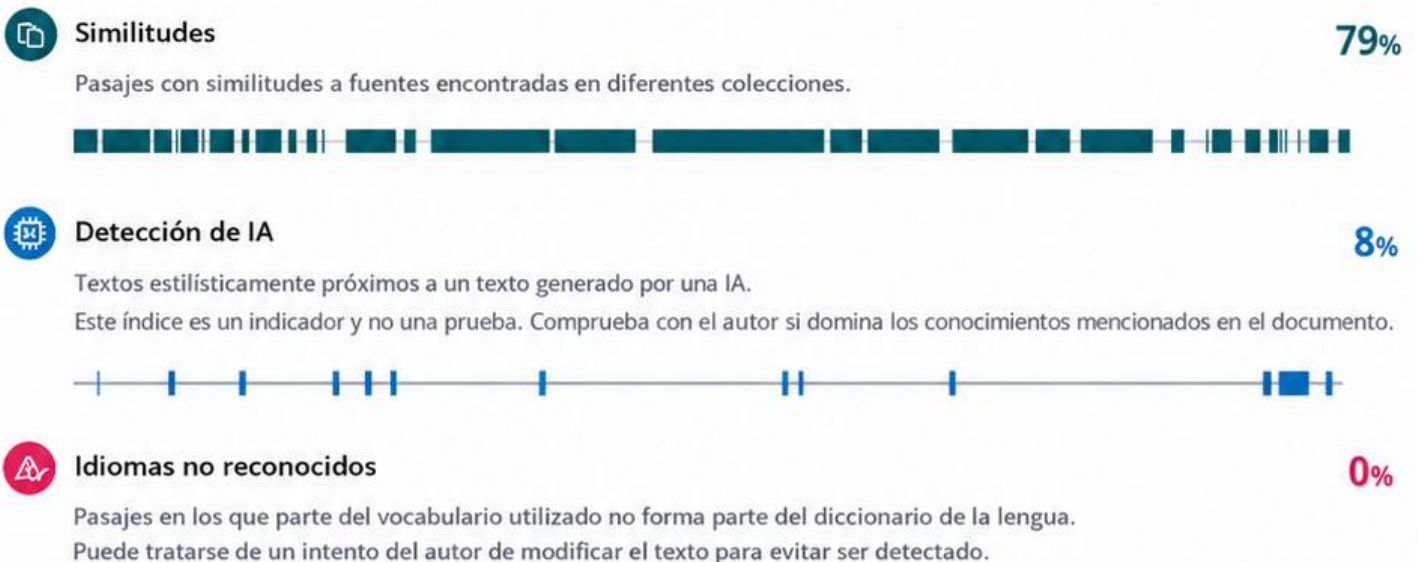
fecha de fin de análisis : 6 de agosto de 2026

### Resumen (sección 1/2)

Localización de los textos sospechosos en el documento :



Incluido en el porcentaje de textos sospechosos :



No incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

