



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 de producción de pasto con agricultura de precisión para
bovinos en El Carmen, Manabí**

AUTOR:

JORGE OLIVIER ESPINOSA JARA

TUTOR:

ING. FRANCEL XAVIER LOPEZ MEJIA

EL CARMEN – MANABÍ – ECUADOR

2026 (1)

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO 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 **Espinosa Jara Jorge Olivier**, legalmente matriculado/a en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2026 (1), cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto “Parámetros de producción de pasto con agricultura de precisión para bovinos en El Carmen, Manabí”.

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.

Lugar, 03 de agosto de 2026.

Lo certifico,



Ing. Francel Xavier López Mejía Mg. Ph.D

Docente Tutor

Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria

UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ
EXTENSIÓN EL CARMEN

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO:

**Parámetros de producción de pasto con agricultura de precisión para
bovinos en El Carmen, Manabí**

AUTOR: Jorge Olivier Espinosa Jara

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

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

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

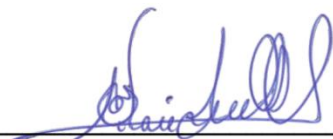
Mg. Kleber Fernando Mejía Chanaluisa



Mg. David Napoleón Vera Bravo



Mg. Leonardo Enrique Avellán Vázquez



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Jorge Olivier Espinosa Jara con cédula de ciudadanía 230070936-3, 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 de producción de pasto con agricultura de precisión para bovinos en El Carmen, Manabí”**, 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,



Espinosa Jara Jorge Olivier
C.I. 2300709363

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por concederme la vida, la salud, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar esta importante etapa de mi formación profesional. Su guía y bendiciones me permitieron superar cada desafío y mantener la fe para alcanzar esta meta.

Expreso mi más sincero agradecimiento a mis padres por su amor, esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional durante toda mi formación. Gracias por creer siempre en mí, por sus consejos y por impulsarme a seguir adelante en cada momento de este camino.

Agradezco con especial cariño a mis hermanas, así como a mi tía Luz, mi madrina Esvelida, mis primas Lourdes y Marcia, y a Don Wilson P., quienes, con su apoyo, palabras de aliento y confianza, fueron una motivación constante para no rendirme y continuar trabajando por este sueño.

Mi agradecimiento también es para mi novia, por su paciencia, comprensión, compañía y apoyo incondicional durante todo este proceso. Su motivación y confianza fueron fundamentales para mantenerme firme hasta alcanzar esta meta.

Asimismo, expreso mi gratitud a mis compañeros de clase, con quienes compartí experiencias, conocimientos y momentos que enriquecieron mi formación académica y personal.

Finalmente, agradezco a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, a los docentes que contribuyeron a mi formación profesional y, de manera especial, a mi tutor, Ing. Francel Xavier López Mejía, por sus conocimientos, orientación y acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo de titulación.

A todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la culminación de esta investigación, les expreso mi más profundo agradecimiento.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, con todo el amor de mi corazón, a mi madre, por ser la persona más importante de mi vida, mi mayor ejemplo de fortaleza, amor y sacrificio. Gracias por estar a mi lado en cada etapa, por creer en mí incluso cuando yo mismo dudaba, por cada consejo, cada abrazo y cada esfuerzo realizado para que nunca me faltaran las fuerzas para seguir adelante. Este logro lleva tu nombre tanto como el mío, porque sin tu apoyo incondicional nada de esto habría sido posible.

A mi padre, por su apoyo, sus enseñanzas y por motivarme siempre a luchar por mis metas. Gracias por creer en mí y por demostrarme que el esfuerzo, la disciplina y la perseverancia son el camino para alcanzar los sueños.

Y, de manera muy especial, dedico esta tesis a la memoria de mi querido primo Luis. Aunque Dios decidió llamarte antes de tiempo y hoy ya no estés físicamente entre nosotros, tu recuerdo siempre permaneció en mi corazón durante este camino. En los momentos de cansancio, incertidumbre y dificultad pensé muchas veces en ti, y esa fortaleza que siempre admiré me impulsó a no rendirme y a seguir adelante. Este logro también es para ti, porque sé que, desde donde estés, compartirás conmigo la alegría de haber alcanzado este sueño.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo identificar los parámetros de producción de pasto mediante el uso de herramientas de agricultura de precisión como alternativa para el manejo forrajero destinado a la alimentación bovina en el cantón El Carmen, provincia de Manabí. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, de tipo descriptivo, con diseño no experimental y de corte transversal. La población estuvo conformada por productores ganaderos del cantón El Carmen y la muestra correspondió a 74 productores, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. La información se recopiló a través de un cuestionario estructurado implementado en la plataforma SurveyMars, permitiendo además registrar la ubicación geográfica de las unidades productivas. Los datos fueron procesados en Microsoft Excel y analizados mediante el software InfoStat, utilizando estadística descriptiva y la prueba de Chi-cuadrado de Pearson para determinar asociaciones entre las variables de caracterización y los parámetros relacionados con la producción de pastos y la agricultura de precisión. Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre variables como género, edad, formación académica, ubicación, superficie destinada a pastos y especie forrajera predominante y diversos aspectos relacionados con el monitoreo de las pasturas, el manejo del forraje y el uso de herramientas tecnológicas. Se concluye que las características de los productores y de las unidades productivas influyen en la adopción de prácticas asociadas con la agricultura de precisión, constituyendo una base técnica para fortalecer el manejo de las pasturas y contribuir a una producción bovina más eficiente y sostenible en el cantón El Carmen, Manabí.

Palabras clave: agricultura de precisión; producción de pastos; ganadería bovina; manejo de pasturas; Chi-cuadrado de Pearson.

ABSTRACT

This research aimed to identify grass production parameters through the use of precision agriculture tools as an alternative for forage management in cattle production systems in El Carmen, Manabí Province, Ecuador. The study was conducted using a quantitative, descriptive, non-experimental, and cross-sectional research design. The study population consisted of cattle farmers from El Carmen, and the final sample included 74 producers selected through non-probability convenience sampling. Data were collected using a structured questionnaire implemented on the SurveyMars platform, which also allowed the geographic location of each production unit to be recorded. The information was processed using Microsoft Excel and statistically analyzed with InfoStat software through descriptive statistics and Pearson's Chi-square test to determine associations between the characterization variables and those related to grass production and precision agriculture. The results revealed significant associations among variables such as gender, age, educational level, farm location, pasture area, and predominant forage species with different aspects of pasture monitoring, forage management, and the use of technological tools. It is concluded that both the characteristics of the producers and those of the production units influence the adoption of practices associated with precision agriculture, providing a technical basis to strengthen pasture management and contribute to more efficient and sustainable cattle production systems in El Carmen, Manabí.

Keywords: *precision agriculture; grass production; cattle farming; pasture management; Pearson's Chi-square test.*

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	¡Error! Marcador no definido.
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA.....	VI
RESUMEN.....	VII
1. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Planteamiento del problema	16
1.2. Justificación	19
1.3. Pregunta de investigación.....	21
1.4. Objetivos.....	21
1.4.1. Objetivo general	21
1.4.2. Objetivos específicos.....	21
2. MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. Producción de forraje para la alimentación del ganado.....	21
2.1.1. Importancia del forraje en la nutrición bovina	21
2.1.2. Producción de pastos en sistemas ganaderos	22
2.1.3. Factores que influyen en la producción de pastos	23
2.1.4. Parámetros de producción del pasto	24
2.1.5. Manejo de pasturas.....	24
2.2. Agricultura de precisión	25

2.2.1.	Concepto de agricultura de precisión	25
2.2.2.	Evolución de la agricultura de precisión	25
2.2.3.	Herramientas de agricultura de precisión	26
2.2.4.	Agricultura de precisión aplicada a sistemas ganaderos	27
2.2.5.	Agricultura de precisión aplicada al monitoreo de pasturas.....	27
2.3.	Herramientas tecnológicas para evaluar la producción del pasto	28
2.3.1.	Vehículos aéreos no tripulados (UAV)	28
2.3.2.	Sensores remotos.....	29
2.3.3.	Sensores RGB y multiespectrales	30
2.3.4.	Índices de vegetación (NDVI, GNDVI, etc.)	30
2.3.5.	Estudios recientes sobre monitoreo de pasturas mediante agricultura de precisión	31
3.	METODOLOGÍA	32
3.1.	Ubicación geográfica y características del área de estudio	32
3.2.	Materiales, equipos y software	34
3.3.	Enfoque, tipo y diseño de investigación	35
3.4.	Población y muestra.....	36
3.5.	Variables y dimensiones del estudio.....	37
3.5.1.	Variables de caracterización.....	38
3.5.2.	Variables relacionadas con la producción de pastos y la agricultura de precisión	40
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de información	42

3.7.	Procedimiento de recolección y organización de los datos	42
3.8.	Procesamiento y análisis de la información.....	43
3.8.1.	Criterios de interpretación estadística	43
3.9.	Consideraciones éticas.....	44
4.	RESULTADOS.....	45
4.1.	Caracterización de los productores ganaderos y de las unidades productivas evaluadas	45
4.1.1.	Distribución de los productores según el género.....	45
4.1.2.	Distribución de los productores según el rango de edad.....	46
4.1.3.	Distribución de los productores según el nivel de formación académica	47
4.1.4.	Distribución de los productores según la ubicación de la finca	48
4.1.5.	Distribución de los productores según la superficie destinada a pastos.....	49
4.1.6.	Distribución de los productores según la especie forrajera predominante	50
5.	DISCUSIÓN	51
5.1.	Relación entre el género y los parámetros de producción del pasto.....	51
5.2.	Relación entre la edad de los productores y los parámetros de producción del pasto	52
5.3.	Relación entre la formación académica y los parámetros de producción del pasto ..	53
5.4.	Relación entre la ubicación de las unidades productivas y los parámetros de producción del pasto.....	54
5.5.	Relación entre la superficie destinada a pastos y los parámetros de producción del pasto	55

5.6. Relación entre la especie forrajera predominante y los parámetros de producción del pasto	56
6. CONCLUSIONES	57
7. RECOMENDACIONES.....	58
8. Bibliografía	60
9. ANEXOS	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales, equipos y Software utilizadas en la investigación.....	34
Tabla 2. Operacionalización de las variables de caracterización.....	39
Tabla 3. Operacionalización de las variables relacionadas con la producción de pastos y la agricultura de precisión.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de uso de suelos del cantón El Carmen, provincia de Manabí.....	33
Figura 2. Distribución porcentual de los productores ganaderos según su género en el cantón El Carmen, Manabí.....	45
Figura 3. Distribución porcentual de los productores ganaderos según su rango de edad en el cantón El Carmen, Manabí.....	46
Figura 4. Distribución porcentual de los productores ganaderos según su nivel de formación académica en el cantón El Carmen, Manabí.....	47
Figura 5. Distribución espacial de las unidades productivas evaluadas en el cantón El Carmen, Manabí.....	48
Figura 6. Distribución porcentual de los productores ganaderos según la superficie destinada a pastos en el cantón El Carmen, Manabí.....	429
Figura 7. Distribución porcentual de los productores ganaderos según la especie forrajera predominante en el cantón El Carmen, Manabí.....	49

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura de precisión es el punto culminante. Comenzó en el siglo XX. La mecanización aumentó y, en 1990, se introdujeron métodos de modificación genética. El término se abrevia como AP, también conocida como agricultura por satélite o manejo sitio-específico de los cultivos. Implica observación, medición y respuesta a la variabilidad inter e intracampo en los cultivos, utilizando tecnología de la información (Kogut, 2025).

La AP es un sistema de gestión agrícola. Se basa en el análisis detallado de la variabilidad espacial y temporal. Su desarrollo se consolidó en la década de 1990, con la introducción de sistemas de posicionamiento global, sensores de rendimiento y herramientas de georreferenciación. Esto permitió aplicar insumos agrícolas de forma diferenciada según las condiciones de cada área del terreno (Bazzo et al., 2023).

Durante las dos últimas décadas, la agricultura de precisión ha evolucionado. Se centra en sistemas integrados que combinan datos satelitales, teledetección y plataformas basadas en IA. El objetivo es mejorar la productividad y promover la sostenibilidad. Importancia de los vehículos aéreos no tripulados. Se utilizan para monitorear variables biofísicas asociadas con el suelo y la vegetación (Bazzo et al., 2023)

La teledetección tiene algunos datos interesantes de un estudio. El uso de drones para estimar pastizales y forraje ha aumentado de 2018 a 2022, según se representa mediante el número de estudios de investigación publicados. Los más utilizados son sensores RGB y multiespectrales. Se usan índices de vegetación como NDVI y GNDVI (Bazzo et al., 2023) para cuantificar la biomasa aérea.

Dentro de los sistemas ganaderos, la agricultura de precisión ha dado lugar a la ganadería de precisión. Es una fusión de sensor, cámara térmica con collar GPS y plataformas UAV. Evalúa

el comportamiento animal y la disponibilidad de alimento. Esta tendencia tecnológica busca mejorar el bienestar animal. También aumenta la productividad sin comprometer los recursos naturales (Furnitto et al., 2025). Y promueve la sostenibilidad.

El pasto es clave. Representa hasta el 70 % de los costos de producción bovina. La variabilidad en la fertilidad del suelo, la humedad y el manejo del potrero provoca rendimientos muy heterogéneos. Y la agricultura de precisión ofrece una alternativa para evaluar esa variabilidad mediante el uso de drones y sensores multiespectrales, lo que permite obtener mapas de biomasa, altura y vigor vegetal, según Santos et al. en 2024.

Esto se debe a que la variabilidad climática tiene un impacto directo en la cantidad de forraje disponible para la cría de ganado en la región de la Costa. Según investigaciones realizadas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, los promedios de productividad de variedades de pasto como *Brachiaria brizantha* y *Mombasa* alcanzan de 14 a 22 toneladas de materia seca por hectárea/año. El Ministerio de Agricultura y Ganadería explicó en 2023 que esto se debe a la gestión y las precipitaciones. Las tecnologías de precisión permiten identificar estas diferencias, haciendo posible ajustar las rotaciones de pastoreo para que la oferta y la demanda queden equilibradas entre el forraje y el animal.

Cartaya et al. (2021) informaron que la adopción de prácticas ganaderas inteligentes frente al clima llevó a un aumento del 6% en la productividad y a una disminución en el costo de producción en Ecuador, confirmando así la evidencia de este trabajo que respalda sus resultados. En 2022. Para aprovechar este potencial, es necesario integrar nuevas tecnologías con prácticas de gestión eficaces. Estas brechas de conocimiento ilustran que la mecanización del monitoreo de pastizales tiene el potencial de promover sistemas de producción ganadera productivos y ambientalmente sostenibles.

Por ejemplo, el proyecto de Ganadería Inteligente frente al Clima en Ecuador (FAO 2022), con experimentos en 165 fincas piloto, encontró que la aplicación de buenas prácticas aumentó la productividad ganadera mediante un incremento del 12,9% en la producción de leche en sistemas de pastoreo basados en pastizales y redujo las emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de producto en un 26,3%. Se ha demostrado que estos enfoques producen resultados claramente definidos en una variedad de sistemas de producción, y la mecanización en curso permite una gestión precisa en todo el territorio tanto para los resultados en materia de producto como de sostenibilidad.

Clave es la provincia de Manabí. Hay 951.769 cabezas de ganado (21,95% nacional). Esto resalta la importancia de optimizar los recursos forrajeros para una determinada producción en regiones ganaderas significativas, como el cantón El Carmen. A nivel nacional, este total de hato ganadero alcanzó hasta 4,34 millones de cabezas para el año 2020. Y la producción diaria de leche en Ecuador fue de 6,15 millones de litros (76,46% para la comercialización).

Según el INEC, en 2020, mejorar la gestión y el acceso a los pastizales es crucial para sostener los niveles de producción y, sobre todo, para mejorar los ingresos de los productores. Considerando que Manabí es la provincia con más ganado en el país y que más de tres cuartas partes de su producción lechera se vende, un protocolo basado en un UAV y en muestreo en el cantón El Carmen potenciaría la gestión de los pastizales como alternativa. Su aplicación permite ajustar la carga animal y los periodos de ocupación de los potreros, reducir el sobrepastoreo y generar información técnica que mejora la productividad del sistema ganadero (INEC, 2020).

1.1. Planteamiento del problema

El aumento de la demanda mundial de alimentos de origen animal exige el desarrollo de sistemas de producción de alta eficiencia sin comprometer la sostenibilidad de los recursos

naturales. En el ganado bovino, los pastos son la fuente de alimento de mayor longevidad de estos sistemas en su conjunto; por tanto, la productividad depende únicamente de lo que la gestión técnica le permita evaluar de forma dinámica sus condiciones y variabilidad in situ. Sin embargo, el monitoreo de pastizales en muchas explotaciones ganaderas todavía se realiza con métodos tradicionales, lo que dificulta evaluar cambios en la biomasa, la tasa de crecimiento del pasto y otras variables que deberían considerarse antes de tomar cualquier decisión. En este sentido, la agricultura de precisión incluye técnicas como los vehículos aéreos no tripulados (UAV) y la teledetección, que nos permiten evaluar los pastos de manera más precisa y eficiente (Santos et al., 2024).

La ganadería es una actividad de gran importancia para la seguridad alimentaria, el desarrollo rural y las economías de varios países de América Latina, donde los sistemas de pastoreo constituyen la base de la producción de ganado. Sin embargo, aún se enfrentan a problemas derivados de la variación climática y la degradación de los pastos, mientras que se necesita más producción al mismo tiempo que los recursos naturales deben utilizarse de manera sostenible e indefinida. En consecuencia, en estas circunstancias, el uso de tecnologías/sensores de telegestión y de vehículos aéreos no tripulados se ha consolidado como una alternativa para mejorar la gestión de los pastos, optimizar el aprovechamiento del forraje y apoyar la toma de decisiones dentro de los sistemas ganaderos (FAO, 2025).

La producción bovina en Ecuador se basa en gran medida en el uso de pastos cultivados como base para la alimentación animal, los cuales ocupan el mayor porcentaje de los usos de la tierra agrícola. Sin embargo, el manejo de estas áreas, en muchos casos, se realiza mediante criterios tradicionales que limitan el uso de la información generada sobre el estado de las pasturas y evitan la toma de decisiones de manera oportuna. La agricultura de precisión se ha incluido en varios sistemas de producción, principalmente mediante el uso de drones, sensores y sistemas

de información geográfica, pero su uso para monitorear pasturas para la producción bovina aún es incipiente [24], especialmente dentro de los sistemas ganaderos tradicionales (Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2025).

En la provincia de Manabí, donde el sistema principal de producción ganadera son los sistemas de pastoreo en donde, la disponibilidad y la calidad del forraje afectan el rendimiento lechero. No obstante, la estacionalidad climática en la región, así como las limitaciones nutricionales del forraje y las prácticas tradicionales de manejo del pastizal, afectan negativamente la productividad y el suministro de nutrientes, perjudicando así el desempeño de los sistemas ganaderos. Existen herramientas de agricultura de precisión que pueden proporcionar de manera remota información oportuna de estas condiciones; sin embargo, esta tecnología no ha sido ampliamente adoptada, lo que limita la recolección de datos técnicos necesarios para maximizar el manejo de las pasturas y mejorar la productividad ganadera (Pesantez Muñoz, 2024).

En el cantón El Carmen, los sistemas de producción ganadera capaces de producir carne en su mayoría bajo un manejo extensivo del pastoreo con niveles de fertilización bajos a medios (Cevallos Parrales, 2022). De manera similar, el 29% de los productores fertiliza sus pasturas, lo que evidencia claramente un manejo deficiente de este recurso forrajero (Palma Plúa, 2022). Se requieren estas condiciones para incrementar la necesidad de integrar herramientas que brinden un análisis preciso sobre el estado de las pasturas.

Aunque la tecnología de agricultura de precisión ha avanzado en la evaluación de los sistemas de producción agrícola, sigue siendo necesario generar información técnica que permita una evaluación más objetiva de los parámetros de producción de pasto que ocurren en los sistemas de ganadería bovina. Al definir variables vinculadas al vigor vegetativo, la biomasa y la condición del recurso forrajero, la información es fundamental para reforzar las decisiones que

se toman en el manejo de las pasturas. Sin embargo, existe una limitación en el acceso a información técnica que permita diseñar estrategias basadas en datos objetivos y limita las posibilidades de optimizar la productividad y sostenibilidad de los sistemas ganaderos con herramientas de agricultura de precisión en el cantón El Carmen (Santos et al., 2024).

En este sentido, entonces se vuelve posible que la planificación del manejo de pastizales se realice con menos precisión debido a que las personas trabajan sin suficiente información técnica sobre el estado y la variación del recurso forrajero (Espinoza et al., 2023). Esta limitación dificulta las estrategias orientadas a optimizar el aprovechamiento del pasto, mejorar la eficiencia en el uso de los recursos y aumentar la productividad en sistemas de producción de carne de res (Santos et al., 2024). En este sentido, la generación de información mediante herramientas de agricultura de precisión es un apoyo para promover la toma de decisiones técnicas más fundamentadas en evidencia y contribuciones positivas a sistemas de producción ganadera sostenibles (Santos et al., 2024).

En este escenario, resulta necesario evaluar los parámetros de producción del pasto mediante herramientas de agricultura de precisión que permitan obtener información objetiva acerca de su estado y de la variabilidad presente en el cultivo. Entre estas herramientas, los vehículos aéreos no tripulados constituyen una alternativa tecnológica que facilita un monitoreo más preciso de las pasturas, favoreciendo una mejor gestión del recurso forrajero y aportando al incremento de la productividad en los sistemas bovinos (Santos et al., 2024).

1.2. Justificación

Esta investigación se justifica en el ámbito científico; tiene como objetivo ampliar el conocimiento sobre el uso de herramientas de agricultura de precisión para evaluar parámetros de producción de la hierba utilizada como alimento para el ganado. Con el advenimiento de los vehículos aéreos no tripulados y los sensores remotos para monitorear los sistemas agrícolas,

en los últimos años ha aumentado; sin embargo, aún existe la necesidad de información técnica aplicada a las condiciones de los sistemas ganaderos que utilizan esta finalidad en la ubicación del cantón El Carmen, Manabí. En conjunto, los resultados obtenidos ayudarán a fortalecer el conocimiento del manejo de pastizales mediante tecnologías de precisión y constituirán una referencia para futuras investigaciones vinculadas a la producción forrajera y la ganadería (Espinoza et al., 2023)

Técnicamente, este estudio permite obtener de manera objetiva información sobre ciertas variables como: disponibilidad de recursos (biomasa, vigor vegetativo); y directrices de dos campos para mejorar el manejo de pastos y la planificación del pastoreo. Diversos estudios han reportado que la integración de sensores remotos, incluidos los vehículos aéreos no tripulados (UAV), conduce a la generación de información espacial de alta precisión que resulta en una mejora de la gestión precisa de los sistemas ganaderos según (Furnitto et al., 2025). Los resultados de esta investigación podrían permitir sustentar criterios técnicos para la gestión en futuros planes de asignación de pastos en el cantón El Carmen.

La justificación de esta investigación, desde las perspectivas social, económica y ambiental, radica en la generación de información que puede representar un apoyo para productores ganaderos, técnicos e investigadores que tienen interés en el manejo de pastizales para bovinos, ya que genera criterios técnicos que facilitan su planificación y un uso más eficiente del recurso forrajero. De manera similar, complementar el conocimiento sobre los parámetros de producción de la hierba también conllevará la implementación de estrategias que maximicen la productividad y promuevan la gestión sostenible de los recursos naturales, aspectos clave para construir sistemas ganaderos eficientes (Rao et al., 2015).

1.3. Pregunta de investigación

¿Cuáles son los parámetros de producción del pasto obtenidos mediante herramientas de agricultura de precisión para la alimentación bovina en el cantón El Carmen, provincia de Manabí?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Identificar los parámetros de producción de pasto mediante el uso de herramientas de agricultura de precisión como alternativa en el manejo forrajero destinado a la alimentación bovina en el cantón El Carmen, provincia de Manabí.

1.4.2. Objetivos específicos

- Definir los procesos de producción de forrajes para alimentación de ganado bovino.
- Identificar herramientas de agricultura de precisión para la recopilación de información en los procesos de producción de forraje en la alimentación de ganado bovino.
- Generar información base que contribuya al desarrollo futuro de estrategias de agricultura de precisión para el manejo de pasturas y la planificación ganadera.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Producción de forraje para la alimentación del ganado

2.1.1. Importancia del forraje en la nutrición bovina

Los pastos son la base de los sistemas de producción ganadera en las regiones tropicales y el rendimiento y la calidad del forraje son factores clave que determinan la carga animal y la producción eficiente de ganado de carne.

La productividad del crecimiento de los pastos puede variar considerablemente tanto entre potreros como dentro del mismo potrero, porque depende de la interacción entre el suelo, el clima y la gestión. Estas diferencias tienen un impacto directo en la disponibilidad de alimento para el ganado y en la planificación del pastoreo (FAO, s. f.).

La evaluación de la producción de gramíneas ha cambiado durante los últimos años, pasando de métodos ya establecidos basados en la evaluación visual a métodos que incluyen datos geoespaciales y herramientas de agricultura de precisión. Esta metodología ofrece, en adelante, una visión objetiva sobre la heterogeneidad de los pastos, lo que potencialmente permite monitorear su estado productivo y ayudar en la toma de decisiones hacia una gestión más eficiente (Keith et al., 2021)

2.1.2. Producción de pastos en sistemas ganaderos

La productividad de los pastos en los sistemas ganaderos se asocia con el establecimiento, el crecimiento y el uso de especies forrajeras que se cultivan para ser consumidas por el ganado. Su rendimiento depende, en última instancia, de la relación entre las características del suelo, las condiciones meteorológicas, la disponibilidad de agua, la fertilidad y las prácticas de manejo adoptadas por el productor. Cuando estos factores se gestionan adecuadamente y no hay sobrepastoreo, los pastos mantienen una producción estable de biomasa que se corresponde con la disponibilidad de alimento y contribuye a optimizar aún más la productividad de los sistemas ganaderos (Keith et al., 2021).

La producción de pasturas muestra un alto nivel de variabilidad espacial y temporal en los sistemas ganaderos tropicales, debido a las diferencias en la fertilidad del suelo, la distribución de las lluvias y la gestión del pastoreo. Esta situación permite la existencia de diferentes zonas de potencial productivo en una finca; por lo tanto, su evaluación mediante herramientas de monitoreo permite seleccionar áreas de mayor o menor crecimiento de forraje. La agricultura

de precisión es una forma diferente de obtener información objetiva sobre la producción de pasturas y apoyar la toma de decisiones que busca optimizar la gestión del sistema ganadero (Keith et al., 2021).

2.1.3. Factores que influyen en la producción de pastos

Según Charmley et al., la producción de pasturas depende de la interacción entre factores ambientales, edáficos y de manejo que definen el desarrollo, la persistencia y el rendimiento de las especies forrajeras (cobb 2024). De los factores ambientales, estos se han centrado principalmente en la precipitación, la temperatura y la radiación solar, porque rigen procesos fisiológicos involucrados en rutas bioquímicas como la fotosíntesis y la acumulación de biomasa (Cao et al. Del mismo modo, las propiedades del suelo tienen un impacto directo en la formación de las pasturas y en su potencial productivo, como: la fertilidad del suelo, la disponibilidad de nutrientes, el pH y la capacidad de retención de agua.

Silva et al. Las herramientas de gestión ayudarán (2026) en las decisiones que involucran la restauración de pastizales y el mantenimiento a largo plazo de la producción continua de forraje mediante la fertilización, la gestión del pastoreo, la disponibilidad de agua y el control de malezas. Por el contrario, una gestión inadecuada puede limitar la producción de biomasa y amplificar las fluctuaciones incluso en el mismo sitio. En este sentido, evaluar directamente estas variables durante su período de crecimiento mediante herramientas de agricultura de precisión permite identificar la heterogeneidad espacial en los agostaderos, lo cual se traduce en información útil que ayuda a la gestión del forraje y a la productividad de los sistemas ganaderos.

2.1.4. Parámetros de producción del pasto

Los parámetros de productividad de la pastura corresponden a las variables utilizadas en la evaluación económica de la producción de pasto y a las gramíneas que comúnmente se encuentran a lo largo de los sistemas ganaderos. Entre ellas, los indicadores más usados incluyen: producción de biomasa; altura de sombra; cobertura vegetal y vigor de la vegetación, que permiten estimar la cantidad de forraje disponible y ayudan en la toma de decisiones para permitir una gestión de pasturas más económica. Según Fernandes et al. (2024), la medición de estos parámetros facilita una evaluación objetiva del estado productivo del forraje.

Hoy, la evaluación de estos parámetros ha mejorado gracias al uso de sensores remotos y vehículos aéreos no tripulados en agricultura de precisión, que pueden proporcionar información confiable sobre el estado de las pasturas. Esta información puede ayudar a identificar diferencias en el crecimiento del forraje y respaldar la planificación del pastoreo, la carga animal o de otras estrategias de manejo que optimizan la productividad del sistema ganadero (Aebischer et al., 2024).

2.1.5. Manejo de pasturas

La gestión de pasturas es la suma de prácticas para mantener la productividad forrajera y la persistencia en sistemas ganaderos criados en pastoreo. La carga animal, la rotación de potreros, la fertilización y el control oportuno de malezas son prácticas en la parte superior de la lista en términos de sus efectos sobre la disponibilidad de forraje, así como de impactos mayores en la recuperación del forraje después del pastoreo. Un pastoreo bien gestionado puede mejorar la utilización del forraje y el desempeño general de los sistemas ganaderos (Costa et al., 2021).

Actualmente, la gestión de pasturas podría mejorarse con herramientas de agricultura de precisión que permitan el seguimiento en tiempo real de la condición del forraje y la

heterogeneidad de los potreros. Según Bretas et al. (2024), optimizar la eficiencia y la sostenibilidad de la producción ganadera mediante el uso de teledetección, imágenes aéreas y tecnologías de monitoreo en la toma de decisiones relacionadas con la implementación de la rotación de potreros, la carga animal, el manejo del pastoreo.

2.2. Agricultura de precisión

2.2.1. Concepto de agricultura de precisión

La agricultura de precisión es un sistema que gestiona la explotación basándose en la recopilación, el análisis y la aplicación de información espacial y temporal para mejorar la toma de decisiones en las unidades de producción. Su objetivo es poder identificar esta variación natural dentro de los campos y, luego, implementar una gestión específica del sitio (SSM) basada en las condiciones del campo, permitiendo así un uso más eficiente de los recursos con mayor productividad. Esta estrategia integra tecnologías digitales, incluidos sensores, GPS y análisis de datos (Agriculture 2024), para lograr eficiencia a la vez que hace que los sistemas agrícolas sean más sostenibles.

2.2.2. Evolución de la agricultura de precisión

Las tecnologías digitales se habían aplicado y adaptado para la agricultura; por ello, la agricultura de precisión evolucionó como respuesta. Algunas de sus medidas pioneras se realizaron en las décadas de 1980 y 1990, cuando se desarrollaron los sistemas de posicionamiento global, los sistemas de información geográfica y los monitores de rendimiento, tecnologías que permitieron la agricultura de precisión al ayudar a identificar la variación espacial en los cultivos y gestionar unidades específicas de muestreo para una zona de producción determinada. Estas innovaciones dieron inicio a la era de la agricultura impulsada

por datos y a la gestión diferenciada de los recursos agrícolas (International Society of Precision Agriculture, 2022).

La agricultura de precisión, hoy en día, se ha transformado en sistemas de alcance inteligente que utilizan vehículos aéreos no tripulados (UAV) que funcionan como sensores en vuelo y recopilan datos sobre los árboles con la intención de tomar acciones en tiempo casi real, como la observación del suelo y del entorno, mediante la integración de sensores remotos, Internet de las Cosas, inteligencia artificial y analítica de big data. Estas tecnologías aplicadas conjuntamente pueden optimizar el momento y la dosis de las aplicaciones de insumos, mejorar la productividad y son una forma de contribuir a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, para garantizar que la agricultura de precisión siga siendo uno de los componentes principales tanto de la agricultura digital como de la Agricultura 4.0 (Getahun et al., 2024).

2.2.3. Herramientas de agricultura de precisión

La agricultura de precisión comprende un conjunto de herramientas tecnológicas destinadas a recopilar, procesar y analizar datos georreferenciados de los sistemas de producción agrícola. Los más destacados son: GPS y SIG, sensores terrestres y remotos, monitores de rendimiento, etc. Estas tecnologías permiten mapear la variabilidad espacial y temporal (que es información en sí misma) en los cultivos, utilizarla para mejorar la gestión agronómica y, además, optimizar los factores de eficiencia de la producción en el uso del agua (Getahun et al., 2024).

Con estas herramientas combinadas, es posible producir información precisa para planificar las actividades agrícolas, monitorear el estado de los cultivos en función del tiempo y tomar decisiones respaldadas por evidencia. En los últimos años, se cree que las plataformas digitales, la inteligencia artificial (IA) y el Internet de las Cosas mejoran nuestra capacidad para procesar enormes cantidades de información de manera casi en tiempo real, aumentando la agricultura de precisión y permitiendo el desarrollo de sistemas de producción más eficientes y sostenibles.

Este es uno de los hitos principales de la agricultura digital dirigida a la industria ganadera (Wolfert et al., 2023).

2.2.4. Agricultura de precisión aplicada a sistemas ganaderos

Mitigación de emisiones ambientales Impulsada por su éxito en la agricultura de cultivos, la agricultura de precisión también se ha ramificado hacia los sistemas ganaderos, estableciendo así el campo conocido de forma colectiva como Precision Livestock Farming (PLF). Utiliza tecnologías digitales, como collares y esterillas inteligentes, para monitorear continuamente parámetros sobre la producción, los hábitos de alimentación, el comportamiento, el estado de salud y el bienestar animal, generando información objetiva que orienta el proceso de toma de decisiones y ayuda a las explotaciones ganaderas a maximizar su eficiencia. Haciendo uso de sensores, dispositivos electrónicos y plataformas de análisis de datos para optimizar la gestión de los rebaños y los recursos disponibles (Furnitto et al., 2025).

Las tecnologías de precisión han avanzado en la evaluación rápida de los sistemas ganaderos, donde los animales, incluidos los sensores ambientales, los collares GPS, la identificación electrónica, las cámaras y los vehículos aéreos no tripulados pueden monitorearse de forma continua tanto alrededor del animal como del entorno de producción. Estas tecnologías permiten detectar cambios en el comportamiento animal, optimizar la utilización del alimento y la gestión de la salud, y mejorar la sostenibilidad de la producción (es decir, ampliar la información disponible para incrementar la productividad mientras se reducen las cargas ambientales en las granjas ganaderas) (Caja et al., 2016).

2.2.5. Agricultura de precisión aplicada al monitoreo de pasturas

El uso de la agricultura de precisión para el monitoreo de pastizales permite estimar variables fundamentales utilizadas en la gestión del sistema forrajero (es decir, biomasa

disponible, altura del pasto y variabilidad espacial de la vegetación). La integración de drones, sensores de suelo e imágenes satelitales permite la elaboración de mapas con información georreferenciada para apoyar la planificación del pastoreo y la toma de decisiones de gestión sobre los límites de carga animal y el aprovechamiento del forraje. En conjunto, estas tecnologías representan un método más eficiente en comparación con las prácticas convencionales, ya que también ofrecen información objetiva y de alta resolución para la optimización de la producción ganadera (Santos et al., 2024)

La agricultura de precisión (AP) para el monitoreo de pastizales utiliza el suelo como instrumento para estimar variables clave en la gestión del sistema forrajero, es decir, biomasa disponible, altura del pasto y variabilidad espacial de la vegetación. Al integrar vehículos aéreos no tripulados, sensores terrestres e imágenes satelitales, permite la elaboración de mapas georreferenciados que apoyan el pastoreo mediante la planificación y la toma de decisiones en relación con la carga animal y el aprovechamiento del recurso forrajero. Estas tecnologías son una alternativa más eficaz que las técnicas tradicionales, ya que ofrecen datos objetivos y de alta resolución que pueden utilizarse para maximizar la producción ganadera (Gargiulo et al., 2023).

2.3. Herramientas tecnológicas para evaluar la producción del pasto

2.3.1. Vehículos aéreos no tripulados (UAV)

Según Santos et al. Precision agriculture: Robots, drones and NL Punja (2024), los vehículos aéreos no tripulados, o simplemente conocidos como drones; uno de los pilares utilizados en el monitoreo de la agricultura de precisión de los cultivos, así como también de los pastizales. Estas plataformas permiten la adquisición de imágenes con alta resolución espacial y temporal con diferentes tipos de sensores que posibilitan evaluar variables biofísicas relacionadas con el crecimiento y desarrollo de las plantas. El uso favorable de la provisión de

información geo-referenciada rápida y no destructiva ha llevado a su amplia aceptación en los sistemas agrícolas contemporáneos.

Para sistemas de producción de pastos que requieren valor agregado, los UAV pueden ayudar a estimar parámetros como biomasa, altura del forraje, índice de área foliar (IAF), clorofila y contenido de humedad del suelo; información que en última instancia contribuye a perfeccionar la gestión del pastoreo y a orientar las actividades de manejo del ganado. Además, combinados con el procesamiento digital de imágenes y algoritmos de aprendizaje automático, estos sistemas permiten la generación de modelos geo-referenciados que mejoran la precisión de las estimaciones, haciendo que los drones sean una herramienta esencial para maximizar la productividad y la sostenibilidad de los sistemas de producción pecuaria (Santos et al., 2024).

2.3.2. Sensores remotos

Según Getahun et al. (2024), la percepción remota es uno de los componentes principales en la agricultura de precisión, ya que permite obtener un diagnóstico preliminar con respecto al estado de los cultivos sin contacto directo con la superficie que se evalúa. Esto se refiere a la recopilación de la energía reflejada o emitida por la vegetación mediante plataformas satelitales, aeronaves o vehículos aéreos no tripulados (UAV), y la información espacial se procesa para apoyar el monitoreo de diferentes variables de crecimiento, salud y producción.

Asimismo, la teledetección de Getahun et al. proporciona información espacial sobre la variabilidad del sistema agrícola que puede utilizarse para estimar parámetros clave como el vigor de la vegetación, la disponibilidad de biomasa y el contenido de humedad, con datos también sobre los suelos y la humedad del suelo (2024;). Esta información actúa como una herramienta de apoyo a la toma de decisiones para maximizar el uso de los recursos forrajeros en sistemas de producción de pastos, específicamente con el objetivo de mejorar la eficiencia y la sostenibilidad en la producción ganadera.

2.3.3. Sensores RGB y multiespectrales

Según Santos et al., los sensores RGB y multiespectrales son dos de las tecnologías más populares para vehículos aéreos no tripulados utilizados para el seguimiento de cultivos y pastos (Zha et al. (2024)). Los sensores RGB detectan imágenes de las bandas del espectro visible (rojo, verde y azul), con información detallada sobre la estructura de la cubierta vegetal y la cobertura de la vegetación, junto con características visuales de las plantas. Estos sensores se utilizan comúnmente debido a su facilidad de uso y bajo costo para evaluar el estado del pasto y calcular modelos tridimensionales del terreno.

Mientras tanto, Santos et al. (2024) ellos determinaron que los sensores multiespectrales detectan información en más bandas, como el infrarrojo cercano y la banda del borde rojo, lo que les permite identificar variaciones fisiológicas no detectables a simple vista. Este sensor es un componente indispensable para evaluar la producción de forraje en la agricultura de precisión, dada su capacidad para estimar parámetros como la clorofila y el vigor vegetativo, la biomasa y el estado nutricional del pasto.

2.3.4. Índices de vegetación (NDVI, GNDVI, etc.)

De acuerdo con Santos et al. (2024), los índices de vegetación son expresiones matemáticas derivadas de los factores espectrales registrados por esta actividad para estimar la condición fisiológica y el estado de la superficie vegetada. Estos índices permiten detectar diferencias en la vitalidad de las plantas, el contenido de clorofila, la cobertura vegetal y otras características biofísicas que no pueden detectarse mediante una simple observación visual [9], lo que se convierte en una herramienta importante para el monitoreo de cultivos y pastizales mediante la agricultura de precisión.

Entre los índices de vegetación más comunes se encuentran el NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) y el GNDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada Verde). Según Pinna et al. (2024), el NDVI permite estimar el vigor y la densidad de la vegetación a partir del otoño tanto en la reflectancia de las bandas de infrarrojo cercano (NIR) como de rojo, mientras que el GNDVI, al sustituir el rojo por la banda verde, presenta una ventaja porque tiene una sensibilidad mejorada para la estimación del contenido de clorofila, ya que su evaluación del estado nutricional será mejor. En consecuencia, modelos espaciales como estos dos índices pueden servir como indicadores útiles para evaluar las condiciones de los pastizales y ayudar a mejorar las decisiones de gestión para los sistemas de producción ganadera con los datos disponibles hoy (2023).

Asimismo, Santos et al. y Aguilar et al. Esto constituye la base de herramientas para generar mapas espaciales georreferenciados eficaces para mejorar el monitoreo de los pastizales, la planificación de parcelas de pastoreo y la gestión de los sistemas de producción ganadera, con miras a lograr mayor eficiencia y sostenibilidad.

2.3.5. Estudios recientes sobre monitoreo de pasturas mediante agricultura de precisión

La agricultura de precisión y los sensores remotos han producido un mayor éxito en el monitoreo de la producción de pastizales durante más de los últimos 20 años, a su vez debido a las plataformas satelitales y a los modelos de aprendizaje automático. Los autores señalan que la integración de estas tecnologías ha permitido una mejor evaluación de variables como la biomasa, la cobertura vegetal, la productividad y el estado de los pastizales, lo que respalda una gestión más eficiente de los sistemas ganaderos. También destacan el hecho de que plataformas

como Sentinel-2 y MODIS se encuentran actualmente entre las más utilizadas para el monitoreo de las tierras de pastoreo a niveles regionales y nacionales (Pinna et al., 2024).

Del mismo modo, Santos et al. Los datos relacionados con la labor de datos, la ciencia abierta y la injusticia algorítmica demuestran además cómo los UAV pueden habilitar el monitoreo de pastizales mediante imágenes de alta resolución espacial y con menor resolución temporal para estimar biomasa, altura del forraje, contenido de clorofila e índices de vegetación (Khan et al. También, resaltan que las estimaciones al combinar sensores RGB y multiespectrales con técnicas de procesamiento digital de imágenes y aprendizaje automático son más precisas y han contribuido a optimizar las actividades de gestión del pastoreo y la sostenibilidad de los sistemas de producción bovina.

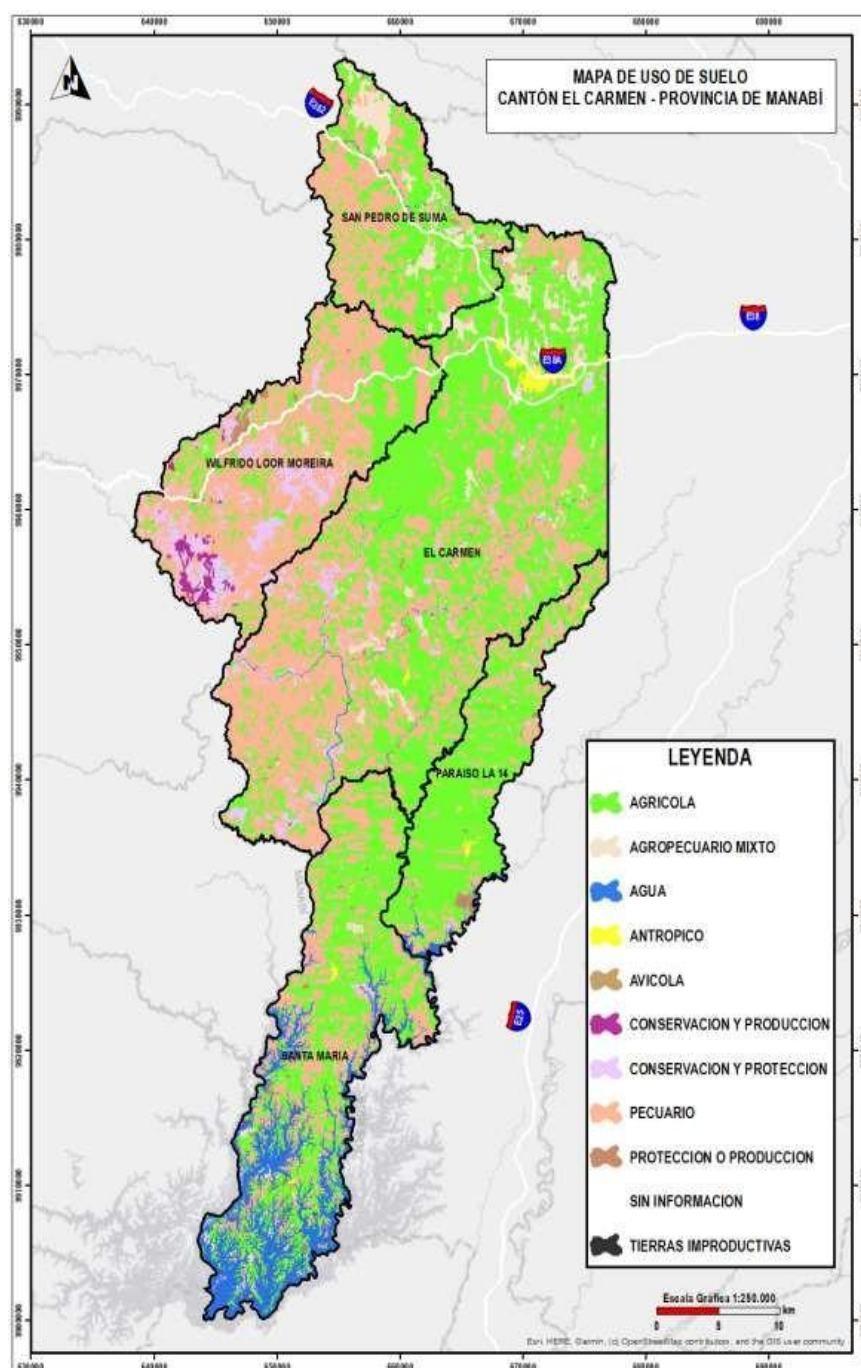
3. METODOLOGÍA

3.1. Ubicación geográfica y características del área de estudio

El estudio se realizó en el cantón El Carmen, ubicado al norte de la provincia de Manabí, dentro del contexto de la región Litoral del Ecuador. Su parte norte limita con la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas; su parte sur, con los cantones de Chone y Flavio Alfaro; al este, limita con la de Santo Domingo de los Tsáchilas. Este sitio, junto con su clima y el potencial de recursos explotables, impulsó las actividades agrícolas y ganaderas, convirtiéndolo en una de las principales zonas de ganadería extensiva de la provincia.

Como primer paso, la Figura 1 muestra el mapa de uso de suelo del cantón El Carmen. Esto nos ayudó a ubicar el área donde realizamos nuestra investigación (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de El Carmen, 2021).

Figura 1. Mapa de uso de suelos del cantón El Carmen, provincia de Manabí.



Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de El Carmen, 2021)

El cantón tiene un clima tropical húmedo, con lluvias suficientes para establecer pastizales para la alimentación del ganado durante gran parte del año. Además de sus atributos fisiográficos, la presencia de suelos que son preferidos para fines agrícolas y la predominancia de la actividad ganadera en Hawái proporcionan un entorno instrumental para evaluar

parámetros de producción de pastos mediante tecnologías de agricultura de precisión. Estas condiciones permitieron realizar la investigación en fincas ganaderas ubicadas en todo el cantón, para producir datos representativos sobre los sistemas de producción que se evaluaron.

3.2. Materiales, equipos y software

Para la ejecución de la investigación, se utilizaron materiales para la recolección, organización, procesamiento y análisis de la información generada en el campo, junto con algunos equipos y herramientas informáticas. Los recursos empleados se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Materiales, equipos y software utilizados en la investigación.

Categoría	Material, equipo o software	Uso en la investigación
Material	Cuestionario estructurado	Recolección de información de los productores ganaderos.
Equipo	Teléfono celular inteligente	Aplicación de las encuestas y registro de coordenadas mediante SurveyMars.
Equipo	Computadora	Organización, procesamiento y análisis de la información.
Software	SurveyMars	Aplicación digital del cuestionario y almacenamiento de las respuestas.
Software	Microsoft Excel	Depuración, organización y tabulación de la base de datos.
Software	InfoStat	Análisis estadístico de frecuencias, tablas de contingencia y prueba de Chi-cuadrado de Pearson.

Categoría	Material, equipo o software	Uso en la investigación
Software	Microsoft Word	Redacción y elaboración del documento de investigación.

3.3. Enfoque, tipo y diseño de investigación

El diseño de este estudio será cualitativo, ya que nos permite obtener, organizar y analizar información a partir de la aplicación de encuestas estructuradas en el sector de productores pecuarios del cantón El Carmen. En este sentido, las variables del estudio fueron operacionalizadas y los resultados se muestran como frecuencias, porcentajes y inferencias mediante la prueba de asociación estadística Chi-cuadrado de Pearson (Hernández et al., 2023).

Fue un estudio descriptivo, ya que tuvo como objetivo caracterizar los elementos relacionados con la gestión de la producción de pastos y el uso de herramientas de agricultura de precisión disponibles en las unidades productivas evaluadas, sin una intervención que pudiera cambiar o modificar cualquiera de las variables analizadas. La misma, ya que fue un estudio de campo porque la información se obtuvo directamente a los productores mediante la aplicación de un cuestionario estructurado en sus respectivos predios.

Diseño metodológico, ha correspondido a un estudio no experimental y de corte transversal. Fue, por definición, no experimental, las variables independiente y dependiente, junto con cualquier otra enumerada, se observaron y analizaron únicamente tal como aparecieron en su estado natural, sin manipulación alguna por parte del investigador. También fue un estudio de corte transversal, porque la información sobre las características ocupacionales de la población se recolectó en un solo momento en cualquier punto durante el periodo de estudio, lo que

permitió elaborar datos descriptivos de la población y la correlación entre las variables consideradas.

3.4. Población y muestra

La información se obtuvo de los productores pecuarios del cantón El Carmen (MAG, 2023), quienes conformaron una población total de 3.527 productores. Esta población tiene predominio de productores pequeños y medianos, resultado de la actividad pecuaria, quienes se consideran la población objetivo de esta investigación.

Para determinar el tamaño mínimo de la muestra se empleó la fórmula para poblaciones finitas:

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

Donde:

n = tamaño de la muestra.

N = tamaño de la población (3.527 productores).

Z = nivel de confianza (95 % = 1,96).

p = probabilidad de éxito (0,50).

q = probabilidad de fracaso (0,50).

e = error muestral (11,5 % = 0,115).

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$n = \frac{3527(1,96)^2(0,50)(0,50)}{(0,115)^2(3527 - 1) + (1,96)^2(0,50)(0,50)}$$

$$n = \frac{3387,93}{47,62}$$

$$n = 71,17 \approx 71$$

Así, el tamaño de muestra derivado fue de al menos 71 productores ganaderos. No obstante, incluso durante el trabajo de campo fue posible recopilar información confiable de 74 productores ganaderos que aceptaron participar voluntariamente en el estudio. Esto llevó a que 74 productores respondieran a la encuesta, lo cual está por encima del mínimo requerido para el estudio, fortaleciendo así el ecosistema de datos en análisis.

Los participantes fueron reclutados primero mediante una técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia, basada en la disponibilidad de los productores y su disposición a participar en este estudio. Esto permitió recopilar datos primarios sobre las unidades de producción y cumplió con los objetivos.

3.5. Variables y dimensiones del estudio

Las variables utilizadas en esta investigación se establecieron de acuerdo con los objetivos planteados y el formato del cuestionario aplicado a los agricultores ganaderos en el cantón de El Carmen. Para agrupar la información, organizaste las variables en variables de caracterización (rasgo) y en producción de pastos y agricultura de precisión. Las Tablas 2 y 3 presentan la operacionalización de estas variables.

3.5.1. Variables de caracterización

Las variables de caracterización se utilizaron para caracterizar las principales condiciones sociodemográficas de los productores y las características generales de las unidades de producción involucradas en el estudio. Estas variables ayudaron a caracterizar la población y a identificar posibles asociaciones del cultivo de pastos y la agricultura de precisión en el estudio.

Tabla 2. Operacionalización de las variables de caracterización

Variable	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Género	Sociodemográfica	Género del productor	Nominal
Edad	Sociodemográfica	Rango de edad del productor	Ordinal
Nivel de formación académica	Sociodemográfica	Máximo nivel de formación alcanzado	Ordinal
Ubicación de la finca	Territorial	Parroquia o sector donde se ubica la unidad productiva	Nominal
Superficie destinada a pastos	Productiva	Extensión de la superficie destinada al establecimiento de pasturas (ha)	Ordinal
Especie forrajera predominante	Productiva	Principal especie forrajera presente en la unidad productiva	Nominal

3.5.2. Variables relacionadas con la producción de pastos y la agricultura de precisión

Las variables principales fueron evaluadas mediante un cuestionario estructurado conformado por cuatro dimensiones: parámetros de producción de pastos, herramientas de agricultura de precisión, manejo del forraje y alimentación bovina. Cada dimensión estuvo integrada por varios ítems medidos mediante una escala tipo Likert de cinco categorías de respuesta, lo que permitió analizar la percepción y las prácticas de los productores ganaderos en relación con los objetivos de la investigación.

Tabla 3. Operacionalización de las variables relacionadas con la producción de pastos y la agricultura de precisión

Variable	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Producción de pastos	Parámetros de producción	Producción, crecimiento, capacidad de recuperación, altura del pasto, cobertura, disponibilidad de información, velocidad de crecimiento, variabilidad, observaciones y medición de las pasturas.	Likert (5 puntos)
Agricultura de precisión	Herramientas de agricultura de precisión	Monitoreo, uso de GPS, uso de drones, registros digitales, acceso a tecnología, apoyo para la toma de decisiones, conocimiento de agricultura de precisión, rotación de potreros, uso e implementación de herramientas tecnológicas.	Likert (5 puntos)
Producción de pastos	Manejo del forraje	Rotación planificada, tiempo de ocupación, información del crecimiento del pasto, control del sobrepastoreo, fertilización, manejo del forraje, observaciones técnicas, registros de pasturas y sostenibilidad del sistema.	Likert (5 puntos)
Producción bovina	Alimentación bovina	Alimentación del ganado, disponibilidad de forraje, carga animal, estado del pasto, producción, escasez de alimento, prevención, planificación, uso de tecnologías y eficiencia alimenticia.	Likert (5 puntos)

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de información

Técnica de recolección de datos: La encuesta para los productores ganaderos del cantón El Carmen para obtener datos sobre las características de la unidad de producción, la producción de pasturas y la adopción de herramientas de agricultura de precisión. Esta técnica permitió recolectar información directa y uniforme que podía manipularse y analizarse fácilmente en una etapa posterior.

Los instrumentos que recogió datos sobre los objetivos de la investigación se recopilaban mediante un cuestionario estructurado establecido por el autor e implementado en la plataforma SurveyMars. El cuestionario contenía ítems de caracterización y de escala Likert, con las respuestas registradas de forma digital y exportadas a un almacenamiento de datos de Microsoft Excel para la organización de la información, así como para el análisis estadístico.

3.7. Procedimiento de recolección y organización de los datos

El cuestionario estructurado fue desarrollado siguiendo los objetivos de la investigación y se dividió en dos partes complementarias: variables de caracterización y producción de pasturas, y variables relacionadas con la agricultura de precisión; luego comenzó la recolección de datos. Después de eso, el instrumento se implementó a través de la plataforma SurveyMars donde los productores ganaderos podían registrar digitalmente la información proporcionada.

Las encuestas se aplicaron directamente en las unidades de producción del cantón El Carmen. Además del cuestionario completado, con el fin de identificar espacialmente estas unidades de producción evaluadas, las herramientas de SurveyMars permitieron almacenar la ubicación geográfica de cada finca durante la recolección de información.

Después de realizar el trabajo de campo, la información se exportó a Microsoft Excel y los datos se revisaron, limpiaron y codificaron para crear la base de datos para el análisis

estadístico. Luego, la información organizada se introdujo al software InfoStat para el cálculo de tablas de frecuencia, tablas de contingencia y la prueba de Chi-cuadrado de Pearson.

3.8. Procesamiento y análisis de la información

La plataforma SurveyMars capturó todos los datos mediante el cuestionario, de donde la base de datos se exportó a Excel para la verificación, limpieza, codificación y organización de los datos. Este paso permitió una revisión de consistencia de la información y fue fundamental en el procesamiento de los datos para el posterior análisis estadístico.

Luego, la base de datos fue analizada en InfoStat mediante procedimientos estadísticos descriptivos e inferenciales. Análisis descriptivo: frecuencias absolutas y relativas (tablas y gráficos estadísticos). Las variables de caracterización se evaluaron para determinar la asociación con la producción de pasturas y con las variables de agricultura de precisión mediante la prueba de chi-cuadrado de Pearson simple, con un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Los resultados permitieron establecer correlación estadísticamente significativa entre las variables analizadas, demostrando así que se cumplieron los objetivos y posibilitando continuar con la discusión de los resultados.

3.8.1. Criterios de interpretación estadística

La interpretación de los resultados de la prueba de chi-cuadrado de Pearson se basó en el valor p obtenido de cada comparación de variables. Los criterios aplicados fueron los siguientes:

Valor de p	Interpretación
$p < 0,01$	Asociación altamente significativa.
$0,01 \leq p < 0,05$	Asociación significativa.
$p \geq 0,05$	Asociación no significativa.
$p = 0$ o grados de libertad = 0	Resultado no considerado para la interpretación estadística, debido a que no representa una prueba válida.

3.9. Consideraciones éticas

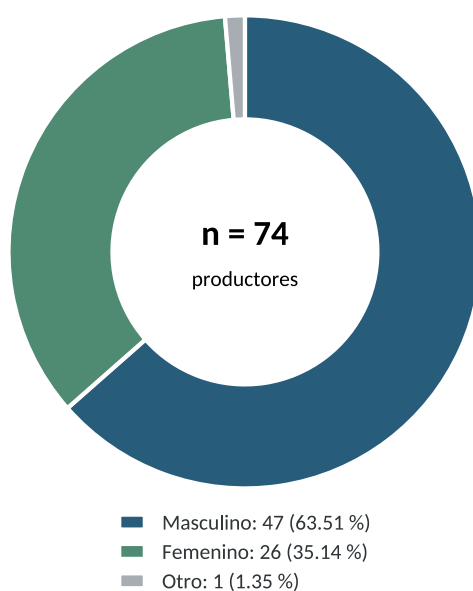
La investigación se desarrolló respetando los principios éticos aplicables a los estudios con participación de personas. La participación de los productores ganaderos fue voluntaria y la información proporcionada se utilizó exclusivamente con fines académicos y científicos. Asimismo, se garantizó la confidencialidad de los datos recopilados, preservando el anonimato de los participantes y utilizando la información únicamente para el cumplimiento de los objetivos de la presente investigación.

4. RESULTADOS

4.1. Caracterización de los productores ganaderos y de las unidades productivas evaluadas

4.1.1. Distribución de los productores según el género

Figura 2. Distribución porcentual de los productores ganaderos según su género en el cantón El Carmen, Manabí.



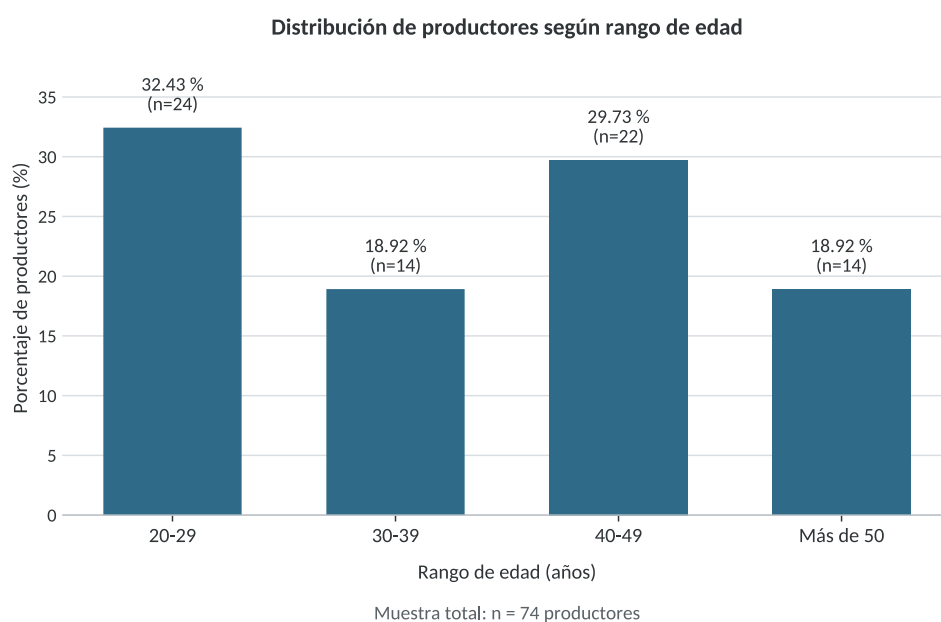
Distribución de productores según género

Análisis de resultados

Resultados, según se muestra en la Tabla 1, el 63.51% de los productores de ganado encuestados se identifica con el género masculino, en comparación con el género femenino que corresponde al 35.14%, mientras que solo el 1.35% afirmó con otra opción de respuesta. Esta evidencia muestra un déficit femenino en la actividad ganadera del cantón El Carmen; sin embargo, también responde significativamente a una participación de mujeres en estas unidades de producción evaluadas.

4.1.2. Distribución de los productores según el rango de edad

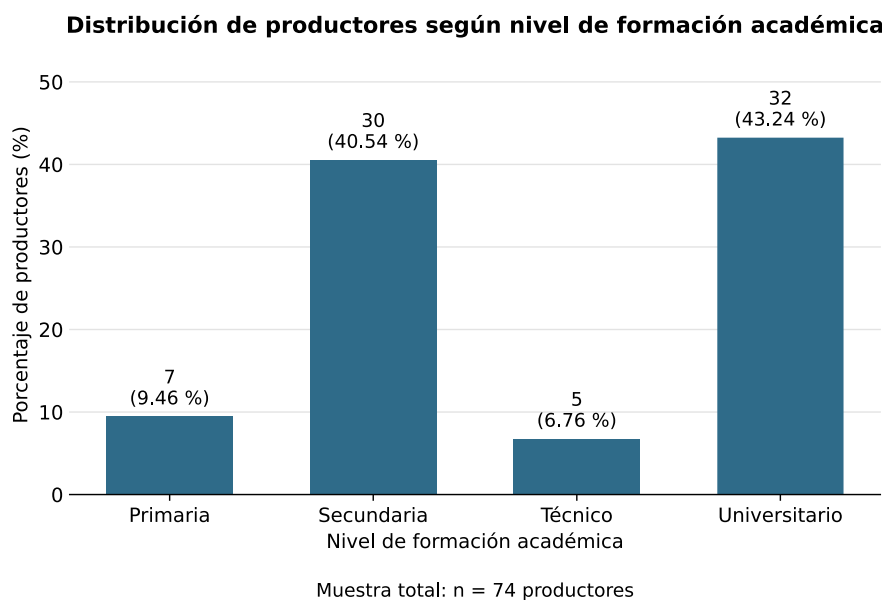
Figura 3. Distribución porcentual de los productores ganaderos según su rango de edad en el cantón El Carmen, Manabí.



La distribución de los productores de ganado por rango de edad indicó que el grupo con la mayoría entre los encuestados tenía de 20 a 29 años (32.43% de los encuestados). El grupo de 40 a 49 años (29.73%) ocupó el segundo lugar y fue seguido por cifras similares en el tercero (30 a 39 años) y en el cuarto grupo (más de 50 años) (18.92% cada uno). Estos resultados evidencian que la actividad ganadera en el cantón El Carmen involucra productores de diferentes generaciones, con un predominio de personas jóvenes y de adultos en edad económicamente activa.

4.1.3. Distribución de los productores según el nivel de formación académica

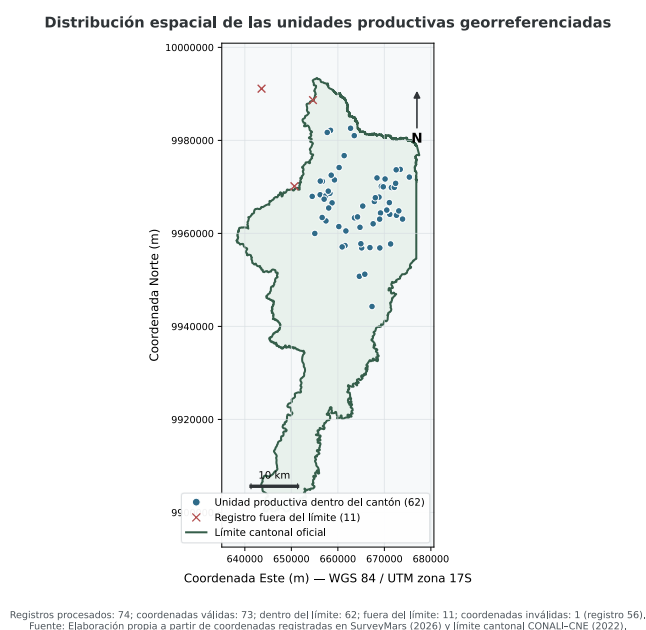
Figura 4. Distribución porcentual de los productores ganaderos según su nivel de formación académica en el cantón El Carmen, Manabí.



La información recopilada indica que el nivel de educación secundaria fue el más representativo entre los productores ganaderos encuestados. En menor proporción se registraron productores con educación primaria, educación superior y aquellos que manifestaron no haber recibido instrucción formal. Esta distribución refleja una diversidad en el nivel de formación académica de los participantes, predominando la educación media como principal nivel educativo dentro de la población estudiada.

4.1.4. Distribución de los productores según la ubicación de la finca

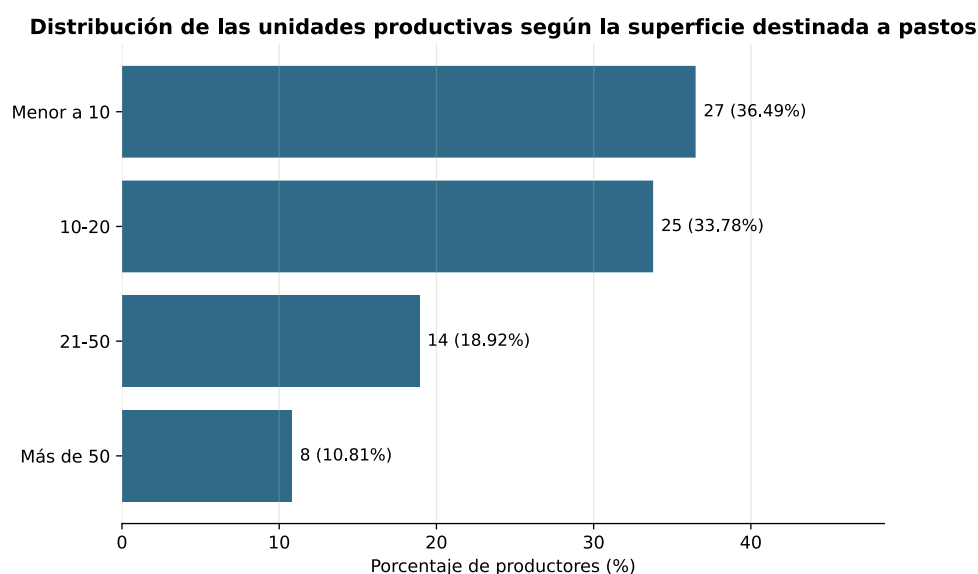
Figura 5. Distribución espacial de las unidades productivas evaluadas en el cantón El Carmen, Manabí.



Se señaló que la mayoría de las unidades de producción evaluadas se concentran en los sectores con mayor tradición ganadera del cantón El Carmen, mientras que 2.5 productores restantes se distribuyen entre otras localidades incluidas en este estudio. La distribución general indica que la investigación ayudó a cubrir diferentes partes del cantón y, como consecuencia, es posible obtener información representativa a partir de distintas condiciones de producción del área de estudio.

4.1.5. Distribución de los productores según la superficie destinada a pastos

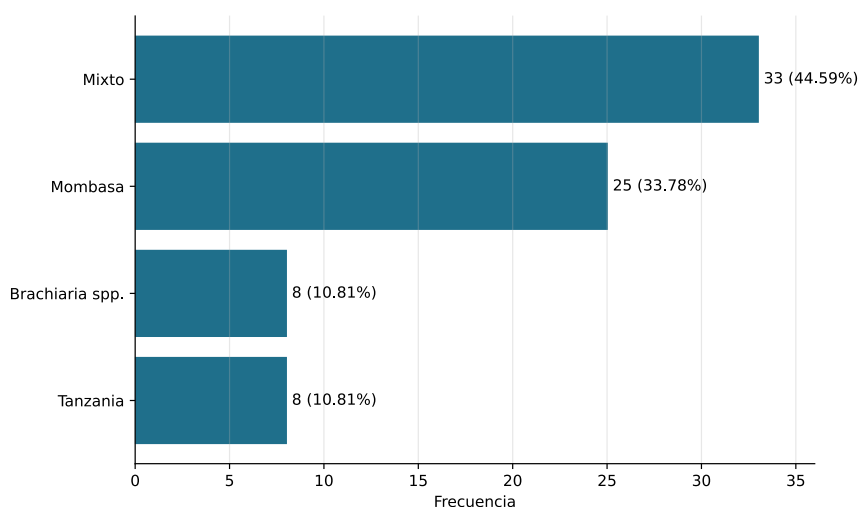
Figura 6. Distribución porcentual de los productores ganaderos según la superficie destinada a pastos en el cantón El Carmen, Manabí.



Los datos obtenidos reflejan que predominan las unidades productivas con superficies destinadas a pastos de menor extensión, mientras que las fincas de mayor tamaño representan una menor proporción dentro de la población estudiada. Este comportamiento sugiere que la actividad ganadera del cantón El Carmen se desarrolla principalmente en pequeñas y medianas explotaciones, las cuales constituyen la base del sistema productivo local.

4.1.6. Distribución de los productores según la especie forrajera predominante

Figura 7. Distribución porcentual de los productores ganaderos según la especie forrajera predominante en el cantón El Carmen, Manabí.



Los resultados obtenidos muestran que una especie forrajera predominó sobre las demás dentro de las unidades productivas evaluadas, mientras que las restantes presentaron una menor participación. La distribución exhibida por los productores se relaciona con una preferencia de especies de pasto que responden tanto a las condiciones agroecológicas del cantón El Carmen como a las características de los sistemas de producción bovina desarrollados en esta zona de estudio.

A partir de la caracterización de los productores ganaderos y de otras unidades de producción evaluadas, fue posible caracterizar los principales aspectos sociodemográficos y productivos de esta población que participó en la investigación. Estos resultados brindan contexto sobre las condiciones en las que se desarrolla la actividad ganadera en el cantón El Carmen y constituyen la base para el análisis de los parámetros de producción de pasturas y de las herramientas de agricultura de precisión, presentados en la Sección 3.

5. DISCUSIÓN

5.1. Relación entre el género y los parámetros de producción del pasto

Se realizó la prueba de chi-cuadrado de Pearson para la asociación entre el sexo de los pastores y los parámetros de producción de pasturas, con un nivel umbral de $\alpha = 0.05$. De las 10 variables evaluadas mediante el análisis, solo dos estuvieron altamente significativamente asociadas ($p < 0.05$). Las asociaciones identificadas coincidieron con lo que se percibe sobre el uso del hato como homogéneo en toda el área de pastoreo ($\chi^2 = 21.09$; $p = 0.0069$), y con el monitoreo de las condiciones del suelo para optimizar la producción de pasto ($\chi^2 = 20.14$; $p = 0.0098$). Los resultados implican que el género no se correlaciona significativamente con la mayoría de los parámetros considerados que impactan en la gestión del pasto Bahía y el césped, identificándose asociaciones frecuentes notables especialmente para las prácticas asociadas con la evaluación de la uniformidad con respecto al pasto y las prácticas relacionadas con evaluaciones sobre las condiciones del suelo.

Los resultados obtenidos se correlacionan con algunos de los hallazgos de Mungai et al (2022), en los que reportaron que hombres y mujeres difieren en la elección de ciertos forrajes mejorados, así como en las prácticas de manejo utilizadas, priorizando hombres y mujeres atributos diferentes al tomar decisiones relacionadas con la producción ganadera. Asimismo, Martelli et al. Finalmente, como señalaron Søren Hadegaard et al. (2025), el monitoreo de la variabilidad espacial de los pastos y las condiciones del suelo es fundamental para la agricultura de precisión, ya que estas diferencias dentro de los potreros deben identificarse y aplicarse enfoques de manejo distintos en consecuencia para mejorar la productividad y la calidad del forraje. En conjunto, estos resultados aportan evidencia adicional de que las asociaciones encontradas aquí parecen reflejar diferencias en las prácticas de evaluación y monitoreo del

pastoreo específicas del género, en lugar de una relación general entre el género y los parámetros de producción del pasto.

5.2. Relación entre la edad de los productores y los parámetros de producción del pasto

Se encontraron asociaciones estadísticamente significativas para cuarenta variables evaluadas; utilizando la prueba de chi-cuadrado de Pearson, nueve de estas asociaciones se dieron entre la edad del productor. La edad también se correlacionó con el uso de drones o imágenes satelitales para evaluar el pastizal ($\chi^2 = 28.57$; $p = 0.0046$), el registro de información productiva del pastizal de forma digital y/o de manera sistemática ($\chi^2 = 25.97$; $p = 0.0108$), así como con sus percepciones de que la tecnología ayuda a identificar diferencias en la productividad de los potreros ($\chi^2 = 23.75$; $p = 0.0220$). Estos hallazgos indican que la edad se asoció tanto con el conocimiento como con la documentación de tecnologías para el monitoreo del forraje.

En la gestión forrajera, también se observaron asociaciones con la preparación de una rotación planificada de potreros ($\chi^2 = 21.17$; $p = 0.0480$), ajustando el tiempo en que el ganado ocupa el área de pastoreo de acuerdo con la condición de la pastura ($\chi^2 = 18.31$; $p = 0.0317$), usando información del crecimiento de la pastura para definir cuándo ocurrirá el pastoreo ($\chi^2 = 22.60$; $p = 0.0313$), previniendo el sobrepastoreo ($\chi^2 = 22.70$; $p = 0.0304$), aplicando fertilización o mejora de suelos en pasturas ($\chi^2 = 22.62$; $p = 0.0311$) y considerando diferencias entre >potreros para definir la gestión del forraje ($\chi^2 = 19.02$; $p = 0.025$). Cuando se toman en conjunto, estos resultados indican que la práctica de pastoreo estratégico, que implica planificación, monitoreo y uso de información para determinar cómo utilizar las pasturas, difiere por clase de edad.

Según Manzo et al. concluyeron que estos resultados están correlacionados. (2025), en el sentido de que la edad es uno de los factores sociodemográficos vinculados a la adopción de

tecnologías digitales agrícolas. Porque tradicionalmente, los productores más jóvenes son más abiertos a las innovaciones a bordo, mientras que los productores mayores pueden ser más conservadores al adoptar. Asimismo, Dibbern et al. El estudio publicado recientemente por Ehsanpoor et al. Según (2024) la edad, el conocimiento técnico, la infraestructura y la utilidad percibida influyen en que los agricultores adopten herramientas digitales en su granja.

Las asociaciones identificadas se basan en decisiones fundamentadas en la información; como resultado, la dependencia de la planificación de la gestión del pastoreo, el monitoreo del crecimiento del forraje y la evitación del sobrepastoreo desde una perspectiva productiva. Por lo tanto, las diferencias relacionadas con la edad podrían vincularse con su experiencia y su adopción de la tecnología, así como con la gestión del potrero.

5.3. Relación entre la formación académica y los parámetros de producción del pasto

Para poner a prueba la relación entre el uso de formación académica por parte de los productores y el parámetro de producción de pasturas, se realizó la prueba de chi-cuadrado de Pearson a un nivel de significancia $\alpha=0.05$. De las diez variables evaluadas, solo dos fueron estadísticamente significativas, con $p>0.05$, y no hubo diferencias para las últimas ocho características. Las correlaciones identificadas se asociaron con el conocimiento sobre el uso de drones o imágenes satelitales para la evaluación de la pastura ($\chi^2=22.36$; $p=0.0336$) y la percepción de que las herramientas tecnológicas optimizan la eficiencia del sistema bovino ($\chi^2=31.10$; $p=0.0019$). El nivel de formación académica se asocia con el conocimiento y la evaluación de las tecnologías aplicadas a la producción de ganado, aunque no mostró asociación con la mayoría de los parámetros evaluados, como indican estos resultados.

Los resultados obtenidos son consistentes con los hallazgos de Dibbern et al. (2024), y la capacidad de los productores para identificar cómo pueden interpretar, procesar y utilizar estos

datos es un factor determinante al adoptar tecnologías digitales en la agricultura, el conocimiento técnico y la capacitación del productor. Asimismo, Manzo et al. (2025) indican que el alto nivel de formación y habilidades técnicas favorece el uso de tecnologías digitales en sistemas agrícolas, porque incrementa la confianza de los productores para incorporarlas en su toma de decisiones. En este sentido, las asociaciones identificadas en el presente estudio indican que los productores con mayor formación académica han sido más abiertos a aprender sobre y valorar tecnologías como los drones y otras herramientas de agricultura de precisión para el monitoreo de pasturas, con el fin de aumentar la eficiencia del sistema.

5.4. Relación entre la ubicación de las unidades productivas y los parámetros de producción del pasto

En total, se confirmaron dos asociaciones estadísticamente significativas entre la ubicación de las unidades de producción y las cuarenta variables evaluadas mediante la prueba de chi-cuadrado de Pearson, mientras que no se encontró asociación en treinta y ocho casos ($p > 0.05$). La primera se relacionó con la percepción de que la tecnología contribuye a detectar discrepancias productivas en el potrero ($\chi^2 = 16.90$; $p = 0.0311$) y, la segunda, con la fertilización o la mejora del suelo en pasturas ($\chi^2 = 15.54$; $p = 0.0495$). Estos hallazgos sugieren que las prácticas para identificar la variabilidad productiva y la gestión de la fertilidad del suelo dependen de la ubicación.

Los resultados son consistentes con el estudio de Serrano et al. (2024), al permitir identificar la variabilidad espacial y temporal de la calidad de las pasturas con imágenes Sentinel-2 en combinación con el índice NDVI y, en consecuencia, brindar una herramienta útil para ajustar la gestión según las condiciones de cada región. Asimismo, Silva et al. Se reconocieron diferentes estados de fertilidad y acidez para suelos de pasturas pretendidos en función de la textura, la profundidad y el uso (Minasny et al., 2025), lo que sugiere un muestreo y una gestión

diferenciados para estos casos. Con base en esto, las asociaciones en los hallazgos sugieren que las condiciones territoriales y edáficas de las unidades de producción pueden determinar tanto la necesidad de uso tecnológico para identificar diferencias dentro de los potreros como qué prácticas de fertilización o mejora del suelo se aplicarán.

5.5. Relación entre la superficie destinada a pastos y los parámetros de producción del pasto

La prueba de chi-cuadrado de Pearson indicó una relación significativa entre el área de pasto y siete de los parámetros medidos, pero para las otras variables no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$). Las asociaciones se identificaron para la evaluación periódica del crecimiento del pasto en diferentes ubicaciones dentro del potrero ($\chi^2 = 21.09$; $p = 0.0491$), un registro para la toma de decisiones de gestión ($\chi^2 = 21.93$; $p = 0.0383$), el uso de GPS, aplicaciones móviles o mapas digitales en la gestión de fincas ($\chi^2 = 24.44$; $p = 0.0177$), el conocimiento sobre el uso de drones o imágenes satelitales para la evaluación de pastos ($\chi^2 = 27.49$; $p = 0.0066$) y la planificación de la rotación de potreros ($\chi^2 = 26.40$; $p = 0.0094$). En general, estos resultados muestran que el área de pasto es un buen predictor del uso de prácticas empleadas para producir eficientemente forraje orgánico, como la planificación y el monitoreo de la cosecha y las prácticas de gestión directa.

Los resultados obtenidos están de acuerdo con el cuestionario previo y con lo reportado por Bretas et al. (2024), lo que indica que las explotaciones con animales de pezuñas más grandes probablemente necesitarán técnicas de monitoreo sistemático adicionales e instrumentos basados en tecnología para evaluar la variabilidad espacial de los pastos, de modo que, dicho conocimiento pueda proporcionar información para nuevas decisiones de gestión. De manera similar, Martelli et al. La agricultura de precisión proporciona planificación del pastoreo con tecnologías de monitoreo, teledetección y herramientas digitales para optimizar el uso del

forraje y mejorar la eficiencia de los sistemas ganaderos (Liu et al. 2025). En ese sentido, las asociaciones observadas en este estudio indican que la porción del área ocupada por las gramíneas es un aspecto relacionado con una gestión más planificada y tecnologías de eficiencia en la producción de forraje.

5.6. Relación entre la especie forrajera predominante y los parámetros de producción del pasto

La prueba de Chi-cuadrado de Pearson evidenció nueve asociaciones estadísticamente significativas entre la especie forrajera predominante y las variables evaluadas. Se asociaron con la implementación de tecnologías para monitorear pasturas ($\chi^2 = 22.32$; $p = 0.0341$), GPS, aplicaciones móviles de grupo o digitales o mapas cartográficos ($\chi^2 = 22.65$; $p = 0.0309$), conocimientos sobre drones o imágenes satelitales ($\chi^2 = 29.04$; $p = 0.0039$) y el registro en formato digital de información formalizada en registros de productividad de pasturas ($\chi^2 = 28.08$; $p = 0.0054$). Las dos últimas asociaciones fueron extremadamente significativas.

También se encontraron asociaciones con la percepción de que la tecnología puede identificar diferencias productivas en el potrero ($\chi^2 = 22.66$; $p = 0.0308$), y el uso de datos para mejorar la toma de decisiones ($\chi^2 = 21.25$; $p = 0.0468$), tecnología útil para planificar la rotación de potreros ($\chi^2 = 22.68$; $p = 0.0306$), mejorar la eficiencia de los sistemas ganaderos mediante herramientas tecnológicas ($\chi^2 = 22.76$; $p = 0.0298$); disposición para implementar agricultura de precisión a escala predial mediante un programa informático Marais et al., [32]. En conjunto, los resultados de este trabajo sugieren que la especie forrajera está estrechamente vinculada con el conocimiento, el uso y el valor percibido de las tecnologías aplicadas en la gestión de pasturas.

Estos hallazgos se correlacionan con los de Bretas et al. (2024), en los que la ganadería de precisión utiliza GPS, sensores e imágenes satelitales, vehículos aéreos no tripulados y sistemas

de información para medir la disponibilidad y la redistribución del forraje (con el fin de promover la planificación del pastoreo). Asimismo, Shahi et al. La teledetección combinada con aprendizaje automático proporciona información objetiva sobre la identificación, el mapeo y la clasificación de pasturas, la geocodificación en términos de estimaciones de biomasa y la evaluación de calidad, que resultan útiles para tomar decisiones respecto a diferentes tipos de cobertura forrajera (2025). Por lo tanto, las asociaciones encontradas expresan que las características de los recursos forrajeros pueden estar relacionadas con diferentes necesidades de información y con la percepción de valor sobre herramientas técnicas para su uso en la toma de decisiones, y no con una relación causal.

6. CONCLUSIONES

Con el fin de caracterizar a los productores ganaderos del cantón El Carmen, fue posible enfatizar la diversidad existente en las unidades de producción con respecto a la edad de los productores, el nivel de preparación académica y el área destinada al establecimiento de pasturas. Estas diferencias sugieren que la actividad ganadera del cantón se desarrolla en un entorno específico con características particulares que determinan la gestión de los recursos forrajeros, lo cual debe considerarse al implementar estrategias para potenciar la producción.

La información organizada y georreferenciada recopilada sobre las áreas estudiadas fue posible gracias a las características de las herramientas de agricultura de precisión, que permiten la determinación objetiva de parámetros que caracterizan la producción de pastos. La integración de la información de campo con la información espacial permitió realizar un análisis de la condición del pastizal a un nivel muy detallado y demostró que estas tecnologías pueden usarse como alternativas prácticas para apoyar el desarrollo de sistemas de evaluación y monitoreo en sistemas de producción ganadera.

El análisis de los datos mostró que un rasgo del producto parecía correlacionarse con algunos parámetros de productividad del pastizal, mientras que otros rasgos no lo hicieron, aunque probablemente eran estadísticamente importantes. Estos resultados sugieren que el comportamiento de las pasturas depende de múltiples factores que actúan al mismo tiempo y de acuerdo con las condiciones específicas de cada unidad de producción; en consecuencia, un enfoque de evaluación simple no sería suficiente y se requiere un análisis integrado asistido por datos técnicos.

La investigación permitió validar el hecho de que la adopción de herramientas de agricultura de precisión, basadas en el registro y análisis de información relevante con datos georreferenciados, obtenida en campos hortícolas, representa una opción factible para consolidar la gestión de pasturas. Incluir estos recursos permite evaluar el contexto en el que se obtiene el ganado, ayuda con la planificación para el manejo del forraje y la toma de decisiones en las operaciones.

Los resultados obtenidos constituyeron un aporte al conocimiento relacionado no solo con el uso de la agricultura de precisión para evaluar parámetros de producción de pasturas, sino también con la planificación del uso de la tierra para el cantón El Carmen. Además, esta investigación proporciona un soporte técnico para cumplir con los recursos computacionales que servirán como apoyo para futuros estudios y la creación de estrategias enfocadas en incrementar la productividad/sostenibilidad de los sistemas ganaderos mediante innovaciones tecnológicas en el sector agrícola.

7. RECOMENDACIONES

En este sentido, se sugiere a los productores ganaderos del cantón El Carmen que, de manera gradual, adopten herramientas de agricultura de precisión para el monitoreo de pasturas con

información objetiva que permita la planificación del pastoreo, así como la gestión del recurso forrajero y la toma de decisiones dentro de las unidades de producción.

La mejora o fortalecimiento de los programas de capacitación en instituciones empresariales y de educación superior relacionadas con el sector agropecuario debe dirigirse a los productores ganaderos sobre el uso de tecnologías de agricultura de precisión, promoviendo así la aceptación de herramientas que contribuyan a una gestión más sostenible y a la mejora de la productividad de las pasturas.

Se necesita investigar con un mayor número de variables de producción de pasturas (la calidad nutricional del forraje, la fertilidad del suelo, las condiciones climáticas y el comportamiento son ejemplos de los muchos atributos forrajeros que pueden estudiarse) para obtener una comprensión más profunda de los factores que afectan la productividad en los sistemas ganaderos.

El ideal es realizar estudios en diferentes épocas del año, como en temporadas lluviosas y secas, para evaluar la variación estacional de los parámetros de producción de pasturas y generar información que ayude a optimizar sistemas de manejo de pasturas basados en el clima diverso.

Por último, se promueve la coordinación de los productores, las instituciones de investigación y las organizaciones de apoyo del sector agrícola para la generación de información técnica que contribuya a fortalecer la producción bovina y el uso sostenible de los recursos naturales mediante el desarrollo de proyectos de agricultura de precisión.

8. Bibliografía

- Aebischer, P., Sutter, M., Birkinshaw, A., Nussbaum, M., & Reidy, B. (2024). Herbage biomass predictions from UAV data using a derived digital terrain model and machine learning. *Grass and Forage Science*. doi:10.1111/gfs.12694
- Agriculture, I. S. (2024). *International Society of Precision Agriculture*. Obtenido de <https://www.ispag.org/resources/definition>
- Alwang, J., Larochelle, C., & Barrera, V. (2017). arm Decision Making and Gender: Results from a Randomized Experiment in Ecuador. *World Development*. doi:10.1016/j.worlddev.2016.11.017
- 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?utm_source=chatgpt.com
- Bretas, I. L., Dubeux Jr., J. C., Cruz, P. J., Oduor, K. T., Queiroz, L. D., Valente, D. S., & Chizzotti, F. H. (2024). Precision livestock farming applied to grazingland monitoring and management—A review. *Agronomy Journal*.
- Caja, G., Castro, A., & Knight, C. (2016). Engineering to Support Wellbeing of Dairy Animals. *Journal of Dairy Research*. doi:<https://doi.org/10.1017/S0022029916000261>
- 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/?utm_source=chatgpt.com
- Cevallos Parrales, M. A. (2022). *Sistemas silvopastoriles en la producción ganadera del cantón El Carmen*. El Carmen, Manabí, Ecuador: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Obtenido de <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/5154>
- Charmley, E., Bishop-Hurley, G. J., McSweeney, C. S., Takeuchi, R., Martinez-Fernandez, G., & Denman, S. (2024). Factors influencing the variability in performance of cattle grazing tropical pasture. *Animal Production Science*.

- Costa, C. M., Difante, G. d., Costa, A. B., Gurgel, A. L., Ferreira Jr., M. A., & Santos, G. T. (2021). Grazing intensity as a management strategy in tropical grasses for beef cattle production: A meta-analysis. *Animal*. doi:10.1016/j.animal.2021.100192
- da Silva, J. P., Zullo Junior, J., Romani, L. A., & Assad, E. D. (2025). Soil fertility characterization in Brazilian pastures through soil chemical and physical analysis. *Geoderma Regional*. doi:10.1016/j.geodrs.2025.e01010
- Dibbern, T., Romani, L. A., & Massruhá, S. M. (2024). Main drivers and barriers to the adoption of Digital Agriculture technologies. *Smart Agricultural Technology*. doi:10.1016/j.atech.2024.100459
- Espinoza, F., Sevilla, V., & Machado, D. (28 de Noviembre de 2023). Geographic information system and unmanned aerial vehicles for soil and pastures evaluation. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*. Obtenido de [https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v40.n4.supl.03](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v40.n4.supl.03)
- Fernandes, M. H., Fernandes Junior, J. d., Adams, J. M., Lee, M., Reis, R. A., & Tedeschi, L. O. (2024). Using Sentinel-2 satellite images and machine learning algorithms to predict tropical pasture forage mass, crude protein, and fiber content. *Scientific Reports*. doi:10.1038/s41598-024-59160-x
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (24 de Abril de 2025). *Sustainable Livestock Farming in Latin America and the Caribbean*. Obtenido de FAO Regional Office for Latin America and the Caribbean: <https://www.fao.org/americas/regional-initiatives/top-pages/sustainable-livestock-farming-in-latin-america-and-the-caribbean/en>
- 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/en?utm_source=chatgpt.com
- 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

- Furnitto, N., Ramírez-Cuesta, J., Intrigliolo, D., Todde, G., & Failla, S. (27 de Mayo de 2025). Remote sensing for pasture biomass quantity and quality assessment: Challenges and future prospects. *Smart Agricultural Technology*, 12, 101057. doi:10.1016/j.atech.2025.101057
- Gargiulo, J. I., Lyons, N. A., Masia, F., Beale, P., Insua, J. R., Correa-Luna, M., & Garcia, S. C. (2023). Comparison of Ground-Based, Unmanned Aerial Vehicles and Satellite Remote Sensing Technologies for Monitoring Pasture Biomass on Dairy Farms. *Remote Sensing*. doi:<https://doi.org/10.3390/rs15112752>
- Getahun, S., Kefale, H., & Gelaye, Y. (2024). Application of Precision Agriculture Technologies for Sustainable Crop Production and Environmental Sustainability: A Systematic Review. *The Scientific World Journal*.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de El Carmen. (2021). *Plan de Uso y Gestión de Suelo (PUGS) del cantón El Carmen*. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de El Carmen, El Carmen, Manabí.
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2023). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana.
- INEC. (Mayo de 2020). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2020*. Obtenido de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/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)
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (10 de Julio de 2025). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2024*. Obtenido de Ecuador en Cifras: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria-continua-2024/>
- International Society of Precision Agriculture. (2022). *XV International Conference on Precision Agriculture – Plenary Session: Past, present and future of precision agriculture and our professional society*. Obtenido de International Society of Precision Agriculture: <https://ispag.org/about/History>

- Keith Fuglie, M. P., & Burkart, S. (2021). The Extent and Economic Significance of Cultivated Forage Crops in Developing Countries. *Frontiers in Sustainable Food Systems*.
- Kogut, P. (16 de Junio de 2025). *EOS DATA ANALYTICS*. Obtenido de <https://eos.com/es/blog/agricultura-de-precision/>
- Lowenberg-DeBoer, J., & Erickson, B. (2019). Setting the Record Straight on Precision Agriculture Adoption. *Agronomy Journal*.
- Manzoor, F., Wei, L., Siraj, M., Lu, X., & Qiyang, G. (2025). Digital agriculture technology adoption in low and middle-income countries—A review of contemporary literature. *Frontiers in Sustainable Food Systems*.
- Martelli, R., Ali, A., Rondelli, V., & Barbanti, L. (2025). Are We Up to the Best Practices in Forage and Grassland Precision Harvest? A Review. *Grass and Forage Science*.
- Martelli, R., Ali, A., Rondelli, V., & Barbanti, L. (2025). Are We Up to the Best Practices in Forage and Grassland Precision Harvest? A Review. *Grass and Forage Science*. doi:10.1111/gfs.12701
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2023). *Productividad de pastos en Ecuador*. agricultura.gob.
- Njuguna-Mungai, E., Omondi, I., Galiè, A., Jumba, H., Derseh, M., Paul, B. K., . . . Duncan, A. (2022). Gender dynamics around introduction of improved forages in Kenya and Ethiopia. *Agronomy Journal*. doi:10.1002/agj2.20956
- Palma Plúa, R. (2022). *Costos de producción de carne de res con diferentes manejos de la producción bovina en el cantón El Carmen*. El Carmen, Manabí, Ecuador: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
- Pesantez Muñoz, E. B. (2024). *Identificación de deficiencias nutricionales en pasto Brachiaria sp., mediante fotografía espectral*. El Carmen, Manabí, Ecuador: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
- Pinna, D., Pezzuolo, A., Cogato, A., Pornaro, C., Macolino, S., & Marinello, F. (2024). Applications of satellite platforms and machine learning for mapping and monitoring

- grasslands and pastures: A systematic and comprehensive review. *Smart Agricultural Technology*.
- Rao, I., Peters, M., & Castro, A. (2015). LivestockPlus – The sustainable intensification of forage-based agricultural systems to improve livelihoods and ecosystem services in the tropics. *Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales*.
- 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
- Santos, W., Martins, L., Bezerra, A., Souza, L., Jardim, A., Silva, M., . . . Silva, T. (2024). Use of Unmanned Aerial Vehicles for Monitoring Pastures and Forages in Agricultural Sciences: A Systematic Review. *Drones*, 8, 585. doi:10.3390/drones8100585
- Serrano, J., Shahidian, S., Paixão, L., Marques da Silva, J., & Paniágua, L. L. (2024). Pasture Quality Assessment through NDVI Obtained by Remote Sensing: A Validation Study in the Mediterranean Silvo-Pastoral Ecosystem. *Agriculture*. doi:10.3390/agriculture14081350
- Shahi, T. B., Balasubramaniam, T., Sabir, K., & Nayak, R. (2025). Pasture monitoring using remote sensing and machine learning: A review of methods and applications. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. doi:10.1016/j.rsase.2025.101459
- Silva, H. R., Difante, G. d., Roberto, F. F., & colaboradores, y. (2026). Effects of nitrogen fertilization on forage production, animal performance, and greenhouse gas emissions in tropical pastures. *Agriculture, Ecosystems and Environment*.
- Wolfert, S., van Wassenae, L., Dolfma, W., & Klerkx, L. (2023). Digital Innovation Ecosystems in Agri-Food: Design Principles and Organizational Framework. *Agricultural Systems*. doi:https://doi.org/10.1016/j.agry.2022.103558

9. ANEXOS

Anexo 1. Código QR que contiene información sobre una encuesta relacionada con los parámetros de producción de pastos para la ganadería en Carmen, Manabí (SurveyMars).



Anexo 2. Preguntas de encuesta para productores

Encuesta: Parámetros de producción de pasto con agricultura de precisión para bovinos en El Carmen, Manabí			☐ Menor a 10 ☐ 10-20 ☐ 21-50 ☐ Más de 50		☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
[Bienvenido/a] La presente encuesta forma parte de una investigación académica de la carrera de Ingeniería Agropecuaria de la ULEAM Extensión El Carmen. El objetivo es conocer información sobre la producción de pastos y el uso de agricultura de precisión en sistemas bovinos del cantón El Carmen, Manabí. Sus respuestas serán confidenciales y utilizadas únicamente con fines académicos. Su participación es muy importante para el desarrollo de esta investigación. ¡Gracias por su tiempo y colaboración!			Especie forrajera predominante ☐ Brachiaria spp. ☐ Mombasa ☐ Tancania ☐ Mito		Considere que mis pasturas cubren adecuadamente la demanda alimenticia del ganado ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
Género ☐ Masculino ☐ Femenino ☐ Otro			Instrucciones: Marque con una (X) la opción que mejor represente su realidad productiva. En las preguntas tipo escala, seleccione un valor del 1 al 5 según corresponda.		Registro información sobre el crecimiento del pasto para tomar decisiones de manejo ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
Edad ☐ 20-29 ☐ 30-39 ☐ 40-49 ☐ Más de 50			Escala tipo Likert (1-5): 1 = Nunca 2 = Rara vez 3 = A veces 4 = Casi siempre 5 = Siempre		Identifico zonas del potrero donde el pasto crece mejor que en otras ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
Nivel de formación académica del productor ☐ Sin Estudios ☐ Primaria ☐ Secundaria ☐ Técnico ☐ Universitario			Variable: Parámetros de producción de pasto La producción de pasto en mis potreros es uniforme en toda la superficie ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5		Considero la variabilidad del suelo al evaluar la producción de pasto ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
Ubicación de la finca ☐ El Carmen ☐ Zona rural ☐ Zona periurbana			Realizo evaluaciones periódicas del crecimiento del pasto en diferentes zonas del potrero ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5		Utilizo observaciones sistemáticas para comparar la producción de pasto entre potreros ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
Superficie total destinada a pastos (ha)			Conozco la capacidad productiva de mis pasturas por potrero ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5		La medición constante del pasto contribuye a mejorar el rendimiento del sistema productivo ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
			La altura del pasto es adecuada antes del ingreso del ganado		Variable: Herramientas de agricultura de precisión Utilizo algún tipo de tecnología para monitorear mis pasturas ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
					He utilizado GPS, aplicaciones móviles o mapas digitales en el manejo de la finca ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

Tabla 3. Tabla de contingencia de InfoStat

The screenshot shows the InfoStat software interface. At the top, the menu bar includes 'Archivo', 'Edición', 'Datos', 'Resultados', 'Estadísticas', 'Gráficos', 'Ventanas', 'Aplicaciones', and 'Ayuda'. The main window displays a table titled 'Tabla Infostat' with the following data:

Caso	Género	Edad	formación académica	Ubicación	Superficie (ha)	Especie forrajera	producción	crecimiento
1	1	4	3	2	4	4	4	4
2	1	3	3	2	1	4	4	2
3	1	4	3	2				
4	2	2	4	1				
5	1	3	3	3				
6	1	1	5	2				
7	1	1	5	1				
8	1	2	5	1				
9	1	1	5	1				
10	1	1	5	2				
11	2	1	5	2				
12	2	2	5	2				
13	2	3	5	2				
14	1	1	5	1				

Below the table, a status bar shows: 'Real', 'Registros: 74*46', 'n=1', 'Suma = 1', 'Media = 1,0', 'D.E. ='. A dialog box titled 'Tablas de contingencia' is open, showing the 'Selección filas y columnas' tab. The 'Variables de clasificación' list includes: Edad, formación académica, Ubicación, Superficie (ha), Especie forrajera, crecimiento, capacidad, altura, cubren, información, crece, variabilidad, observaciones, medición, monitorear, and GPS. The 'Columnas' list contains 'Género', and the 'Filas' list contains 'producción'. The 'Presentación en orden alfabético' checkbox is checked, and the 'Todas las tablas de a pares' checkbox is unchecked. At the bottom of the dialog are buttons for 'Aceptar', 'Cancelar', and 'Ayuda'.

Anexo 4. Datos de infoStat (Chi Cuadrado de Pearson)

Flujo de producción				Inventarios de adquisición de productos				Flujo de compra				Acumulación de inventario			
Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1			
ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ
ChnCoef2	6.60	0	0.0060	ChnCoef2	16.30	0	0.0020	ChnCoef2	12.7	0	0.0020	ChnCoef2	8.25	0	0.0091
ChnCoef3	8.61	0	0.0761	ChnCoef3	11.7	0	0.0617	ChnCoef3	11.7	0	0.0619	ChnCoef3	8.25	0	0.0662
CoefCoef1	0.21			CoefCoef1	0.26			CoefCoef1	0.26			CoefCoef1	0.21		
CoefCoef2	0.26			CoefCoef2	0.20			CoefCoef2	0.26			CoefCoef2	0.21		
Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1			
ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ
ChnCoef2	6.60	0	0.0060	ChnCoef2	8.20	0	0.0060	ChnCoef2	8.61	0	0.0060	ChnCoef2	6.75	0	0.0062
ChnCoef3	8.61	0	0.0761	ChnCoef3	8.61	0	0.0619	ChnCoef3	8.61	0	0.0619	ChnCoef3	8.25	0	0.0662
CoefCoef1	0.16			CoefCoef1	0.21			CoefCoef1	0.20			CoefCoef1	0.17		
CoefCoef2	0.21			CoefCoef2	0.20			CoefCoef2	0.27			CoefCoef2	0.20		
Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1			
ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ
ChnCoef2	6.60	0	0.0060	ChnCoef2	8.20	0	0.0060	ChnCoef2	8.61	0	0.0060	ChnCoef2	6.75	0	0.0062
ChnCoef3	8.61	0	0.0761	ChnCoef3	8.61	0	0.0617	ChnCoef3	8.61	0	0.0619	ChnCoef3	8.25	0	0.0662
CoefCoef1	0.16			CoefCoef1	0.21			CoefCoef1	0.20			CoefCoef1	0.17		
CoefCoef2	0.21			CoefCoef2	0.20			CoefCoef2	0.27			CoefCoef2	0.20		
Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1			
ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ
ChnCoef2	6.60	0	0.0060	ChnCoef2	8.20	0	0.0060	ChnCoef2	8.61	0	0.0060	ChnCoef2	6.75	0	0.0062
ChnCoef3	8.61	0	0.0761	ChnCoef3	8.61	0	0.0617	ChnCoef3	8.61	0	0.0619	ChnCoef3	8.25	0	0.0662
CoefCoef1	0.16			CoefCoef1	0.21			CoefCoef1	0.20			CoefCoef1	0.17		
CoefCoef2	0.21			CoefCoef2	0.20			CoefCoef2	0.27			CoefCoef2	0.20		
Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1			
ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ
ChnCoef2	6.60	0	0.0060	ChnCoef2	8.20	0	0.0060	ChnCoef2	8.61	0	0.0060	ChnCoef2	6.75	0	0.0062
ChnCoef3	8.61	0	0.0761	ChnCoef3	8.61	0	0.0617	ChnCoef3	8.61	0	0.0619	ChnCoef3	8.25	0	0.0662
CoefCoef1	0.16			CoefCoef1	0.21			CoefCoef1	0.20			CoefCoef1	0.17		
CoefCoef2	0.21			CoefCoef2	0.20			CoefCoef2	0.27			CoefCoef2	0.20		
Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1			
ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ
ChnCoef2	6.60	0	0.0060	ChnCoef2	8.20	0	0.0060	ChnCoef2	8.61	0	0.0060	ChnCoef2	6.75	0	0.0062
ChnCoef3	8.61	0	0.0761	ChnCoef3	8.61	0	0.0617	ChnCoef3	8.61	0	0.0619	ChnCoef3	8.25	0	0.0662
CoefCoef1	0.16			CoefCoef1	0.21			CoefCoef1	0.20			CoefCoef1	0.17		
CoefCoef2	0.21			CoefCoef2	0.20			CoefCoef2	0.27			CoefCoef2	0.20		
Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1			
ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ
ChnCoef2	6.60	0	0.0060	ChnCoef2	8.20	0	0.0060	ChnCoef2	8.61	0	0.0060	ChnCoef2	6.75	0	0.0062
ChnCoef3	8.61	0	0.0761	ChnCoef3	8.61	0	0.0617	ChnCoef3	8.61	0	0.0619	ChnCoef3	8.25	0	0.0662
CoefCoef1	0.16			CoefCoef1	0.21			CoefCoef1	0.20			CoefCoef1	0.17		
CoefCoef2	0.21			CoefCoef2	0.20			CoefCoef2	0.27			CoefCoef2	0.20		
Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1			
ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ
ChnCoef2	6.60	0	0.0060	ChnCoef2	8.20	0	0.0060	ChnCoef2	8.61	0	0.0060	ChnCoef2	6.75	0	0.0062
ChnCoef3	8.61	0	0.0761	ChnCoef3	8.61	0	0.0617	ChnCoef3	8.61	0	0.0619	ChnCoef3	8.25	0	0.0662
CoefCoef1	0.16			CoefCoef1	0.21			CoefCoef1	0.20			CoefCoef1	0.17		
CoefCoef2	0.21			CoefCoef2	0.20			CoefCoef2	0.27			CoefCoef2	0.20		
Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1			
ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ
ChnCoef2	6.60	0	0.0060	ChnCoef2	8.20	0	0.0060	ChnCoef2	8.61	0	0.0060	ChnCoef2	6.75	0	0.0062
ChnCoef3	8.61	0	0.0761	ChnCoef3	8.61	0	0.0617	ChnCoef3	8.61	0	0.0619	ChnCoef3	8.25	0	0.0662
CoefCoef1	0.16			CoefCoef1	0.21			CoefCoef1	0.20			CoefCoef1	0.17		
CoefCoef2	0.21			CoefCoef2	0.20			CoefCoef2	0.27			CoefCoef2	0.20		
Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1			
ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ
ChnCoef2	6.60	0	0.0060	ChnCoef2	8.20	0	0.0060	ChnCoef2	8.61	0	0.0060	ChnCoef2	6.75	0	0.0062
ChnCoef3	8.61	0	0.0761	ChnCoef3	8.61	0	0.0617	ChnCoef3	8.61	0	0.0619	ChnCoef3	8.25	0	0.0662
CoefCoef1	0.16			CoefCoef1	0.21			CoefCoef1	0.20			CoefCoef1	0.17		
CoefCoef2	0.21			CoefCoef2	0.20			CoefCoef2	0.27			CoefCoef2	0.20		
Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1			
ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ
ChnCoef2	6.60	0	0.0060	ChnCoef2	8.20	0	0.0060	ChnCoef2	8.61	0	0.0060	ChnCoef2	6.75	0	0.0062
ChnCoef3	8.61	0	0.0761	ChnCoef3	8.61	0	0.0617	ChnCoef3	8.61	0	0.0619	ChnCoef3	8.25	0	0.0662
CoefCoef1	0.16			CoefCoef1	0.21			CoefCoef1	0.20			CoefCoef1	0.17		
CoefCoef2	0.21			CoefCoef2	0.20			CoefCoef2	0.27			CoefCoef2	0.20		
Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1			
ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ
ChnCoef2	6.60	0	0.0060	ChnCoef2	8.20	0	0.0060	ChnCoef2	8.61	0	0.0060	ChnCoef2	6.75	0	0.0062
ChnCoef3	8.61	0	0.0761	ChnCoef3	8.61	0	0.0617	ChnCoef3	8.61	0	0.0619	ChnCoef3	8.25	0	0.0662
CoefCoef1	0.16			CoefCoef1	0.21			CoefCoef1	0.20			CoefCoef1	0.17		
CoefCoef2	0.21			CoefCoef2	0.20			CoefCoef2	0.27			CoefCoef2	0.20		
Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1			
ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ
ChnCoef2	6.60	0	0.0060	ChnCoef2	8.20	0	0.0060	ChnCoef2	8.61	0	0.0060	ChnCoef2	6.75	0	0.0062
ChnCoef3	8.61	0	0.0761	ChnCoef3	8.61	0	0.0617	ChnCoef3	8.61	0	0.0619	ChnCoef3	8.25	0	0.0662
CoefCoef1	0.16			CoefCoef1	0.21			CoefCoef1	0.20			CoefCoef1	0.17		
CoefCoef2	0.21			CoefCoef2	0.20			CoefCoef2	0.27			CoefCoef2	0.20		
Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1			
ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ
ChnCoef2	6.60	0	0.0060	ChnCoef2	8.20	0	0.0060	ChnCoef2	8.61	0	0.0060	ChnCoef2	6.75	0	0.0062
ChnCoef3	8.61	0	0.0761	ChnCoef3	8.61	0	0.0617	ChnCoef3	8.61	0	0.0619	ChnCoef3	8.25	0	0.0662
CoefCoef1	0.16			CoefCoef1	0.21			CoefCoef1	0.20			CoefCoef1	0.17		
CoefCoef2	0.21			CoefCoef2	0.20			CoefCoef2	0.27			CoefCoef2	0.20		
Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1			
ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ
ChnCoef2	6.60	0	0.0060	ChnCoef2	8.20	0	0.0060	ChnCoef2	8.61	0	0.0060	ChnCoef2	6.75	0	0.0062
ChnCoef3	8.61	0	0.0761	ChnCoef3	8.61	0	0.0617	ChnCoef3	8.61	0	0.0619	ChnCoef3	8.25	0	0.0662
CoefCoef1	0.16			CoefCoef1	0.21			CoefCoef1	0.20			CoefCoef1	0.17		
CoefCoef2	0.21			CoefCoef2	0.20			CoefCoef2	0.27			CoefCoef2	0.20		
Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1			
ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ
ChnCoef2	6.60	0	0.0060	ChnCoef2	8.20	0	0.0060	ChnCoef2	8.61	0	0.0060	ChnCoef2	6.75	0	0.0062
ChnCoef3	8.61	0	0.0761	ChnCoef3	8.61	0	0.0617	ChnCoef3	8.61	0	0.0619	ChnCoef3	8.25	0	0.0662
CoefCoef1	0.16			CoefCoef1	0.21			CoefCoef1	0.20			CoefCoef1	0.17		
CoefCoef2	0.21			CoefCoef2	0.20			CoefCoef2	0.27			CoefCoef2	0.20		
Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1				Estructura para la tabla merge1			
ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ	ChnCoef1	Valor	μ	σ
ChnCoef2	6.60	0	0.0060	ChnCoef2	8.20	0	0.0060	ChnCoef2	8.61	0	0.0060	ChnCoef2	6.75	0	0.0062
ChnCoef3	8.61	0	0.0761	ChnCoef3	8.61	0	0.0617	ChnCoef3	8.61	0	0.0619	ChnCoef3	8.25	0	0.0662
CoefCoef1	0.16			CoefCoef1											



Tesis Final Jorge Espinosa Agricultura de Precisión(1)

ID: adf33ba53cbd27b424d46ab4edc3634d5e9bfe7



8%

Textos sospechosos

Nombre del fichero : Tesis Final Jorge Espinosa Agricultura de Precisión(1).txt

Tamaño del archivo original : 1.54 MB

Número de palabras : 14.186

Depositante : FRANCEL LOPEZ MEJIA

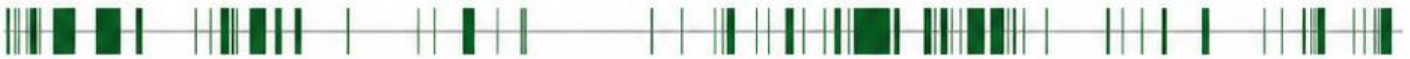
Fecha de depósito : 7 de agosto de 2026

Tipo de carga : interface

fecha de fin de análisis : 7 de agosto de 2026

🔍 Resumen (sección 1/2)

Localización de los textos sospechosos en el documento :



Incluido en el porcentaje de textos sospechosos :



Similitudes

15%

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.



Detección de IA

8%

Textos estilísticamente próximos a un texto generado por una IA.

Este índice es un indicador y no una prueba. Comprueba con el autor si domina los conocimientos mencionados en el documento.



Idiomas no reconocidos

0%

Pasajes en los que parte del vocabulario utilizado no forma parte del diccionario de la lengua.

Puede tratarse de un intento del autor de modificar el texto para evitar ser detectado.

No incluido en el porcentaje de textos sospechosos :



Textos entre comillas

<1%

Pasajes entre comillas, a menudo indicativos de una cita.