

UNIVERSIDAD NACIONAL  
EXPERIMENTAL DE LOS  
LLANOS OCCIDENTALEZ  
“EZEQUIEL ZAMORA”



LA UNIVERSIDAD QUE SIEMBRA

VICERRECTORADO DE  
INFRAESTRUCTURA Y  
PROCESOS INDUSTRIALES  
PROGRAMA DE CIENCIAS DEL  
AGRO Y DEL MAR

**IMPACTO DE FACTORES CLIMÁTICOS EN LA PRODUCTIVIDAD DEL  
PASTO BRACHIARIA BRIZANTA (MG4) PARA LA ALIMENTACIÓN  
ANIMAL: HATO EL CORRALITO, COJEDES.**

Franklin Ortiz

C.I.: 16.128.639

Jhoyner Andrade

C.I.: 25.603.875

Tutora: Yadira Flores

San Carlos, julio, 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL  
EXPERIMENTAL DE LOS  
LLANOS OCCIDENTALEZ  
“EZEQUIEL ZAMORA”



VICERRECTORADO DE  
INFRAESTRUCTURA Y  
PROCESOS INDUSTRIALES  
PROGRAMA DE CIENCIAS DEL  
AGRO Y DEL MAR

LA UNIVERSIDAD QUE SIEMBRA

**IMPACTO DE FACTORES CLIMÁTICOS EN LA PRODUCTIVIDAD DEL  
PASTO BRACHIARIA BRIZANTA (MG4) PARA LA ALIMENTACIÓN  
ANIMAL: HATO EL CORRALITO, COJEDES.**

*Requisito parcial para optar al grado de Ingeniero en Producción Animal*

Franklin Ortiz  
C.I.: 16.128.639  
Jhoynier Andrade  
C.I.: 25.603.875

**Autores:**

**Tutora:** Yadira Flores

San Carlos, julio, 2025

## **ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

# ACTA DE APROBACIÓN DEL JURADO



Universidad Nacional Experimental  
de los Llanos Occidentales  
"Ezequiel Zamora"

Vicerrectorado de Infraestructura  
y Procesos Industriales  
Programa Ciencias del Agro y del Mar

SEMESTRE ACADÉMICO 2025-I

## ACTA DE VEREDICTO FINAL DEL JURADO EXAMINADOR

Nosotros, miembros del jurado del Trabajo final de Investigación Titulado:

**IMPACTO DE FACTORES CLIMÁTICOS EN LA PRODUCTIVIDAD DEL PASTO *Brachiaria brizantha* (MG4) PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL: HATO EL CORRALITO, COJEDES**

Elaborado por:

Jhoyner Andrade C.I 25.603.875

Franklin Ortiz C.I 16.128.639

Como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO EN PRODUCCIÓN ANIMAL**, del Programa Ciencias del Agro y del Mar del Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales de la UNELLEZ – San Carlos, Cojedes, hacemos constar que hoy, (18) de (Julio) del 2025 a las (8:00 am), se realizó la presentación / defensa del mismo.

Durante la presentación, el Jurado Examinador verificó el cumplimiento de los Artículos 26 y 27 (literal b) de la Norma Transitoria del Trabajo de Grado para las Carreras de Ingeniería y Medicina Veterinaria del Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales de La UNELLEZ. Culminado el acto, se deliberó para totalizar la Calificación Parcial (60%) (Documento y la Presentación), obteniéndose el siguiente resultado:

EXPOSITOR	NOTA OBTENIDA (1 - 5)
Jhoyner Andrade C.I 25.603.875	5.0
Franklin Ortiz C.I 16.128.639	5.0

Dando fe de ello levantamos la presente acta, la cual finalizó a las (9:05).

Jurado Coordinador (a)  
Prof. (a): Prof. Yadira Flores  
C.I. 25.603.875 (Tutor)

Jurado Principal  
Prof. (a) Yorman Pérez  
C.I. 17.594.259

Jurado Principal  
Prof. (a) Ricardo García  
C.I. 5.891.022

Jurado Suplente  
Prof. (a) Anabella Arvelo  
C.I. 10.992.595

Jurado Suplente  
Prof. (a) Jesús Farfán  
C.I. 9.888.651

Nota: Esta acta es válida con tres (03) firmas y un sello.

Jurados designados por la Comisión Asesora del Programa Ciencias del Agro y del Mar en Resolución N° 178/2025, Fecha: 08/07/2025; Acta N°: 455 EXTRAORDINARIA; PUNTO N°: 13.



## **DEDICATORIA**

Cuando un sueño se hace realidad, es cuando nos esforzamos y luchamos por cumplir nuestras metas trazadas; y siempre detrás de cada sueño existen personas que siempre están ahí apoyándonos para seguir adelante; son seres especiales que nos animan para seguir adelante con nuestros ideales: Por tal motivo queremos dedicar de todo corazón con mucho amor nuestro Proyecto a:

**DIOS TODOPODEROSO;** porque nos ha dado la fortaleza espiritual en cada momento de nuestra existencia.

Con mucho cariño principalmente a nuestras Familias; que nos formaron en un hogar lleno de amor, paz, tranquilidad, felicidad, alegrías, valores, tristezas, armonías, esfuerzos llenándonos de grandes fortalezas para continuar.

Gracias, a nuestras **Madres**, nos educaron para ser personas de bien, humanitarias, humildes, gracias a ustedes, aprendimos a que en la vida nada es imposible, siempre brindando seguridad, para fortalecernos cada día como seres humanos, capaz de dar sin esperar nada a cambio, Son nuestra gran inspiración para seguir adelante, nuestro orgullo, nuestro universo, todos nuestros esfuerzos, logros, triunfos y metas son para ustedes, el tesoro más valioso y el mayor premio que nos ha regalado Dios. Gracias a nuestros **padres** por su guía, sabiduría y fuerza para superar los desafíos y llegar hasta aquí. Este logro es el reflejo de Su amor, confianza y apoyo constante.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al cumplir una de las etapas más importantes de vida académica, expresamos nuestros sinceros agradecimientos en primer lugar a mi Papá Dios, quien con sus bendiciones hizo posible cumplir este tan anhelado objetivo, porque sin él nada es posible y por hacer de nuestras vidas una gran escuela de formación.

- A la Familia; Por ser nuestra gran Inspiración, por estar siempre presente en nuestras vidas, dándonos la confianza y apoyo que necesitamos para saber que si somos capaces de transcender las barreras y lograr las metas y objetivos propuestos.

- Son tantas las personas a las que debemos parte de nuestro gran triunfo, pero principalmente a nuestra Gran Familia por que han sido esencial en nuestra vida, en nuestra posición firme de alcanzar las metas, siendo tan grande la alegría que sentimos, que no nos podemos ir sin antes decirles, que sin ustedes a nuestro lado no lo hubiésemos logrado.

-Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a nuestra Tutora de tesis, Profe. Yadira Flores, Su experiencia, conocimiento, comprensión y paciencia, durante todo el desarrollo de la investigación. Nuestra Infinita gratitud por su inmenso apoyo durante este viaje.

-Un sincero agradecimiento a todos los amigos y compañeros que estuvieron en los momentos de estrés y alegría durante este largo y retador camino. Su apoyo,

confianza, soporte y cariño han sido invaluables. Cada uno de ustedes ha contribuido en fortaleza y ánimo de una manera u otra.

-Asimismo, queremos expresar gratitud a todas las personas que contribuyeron con el desarrollo de la investigación.

-Agradecemos a todos los que ayudaron a recopilar datos y a aquellos que dedicaron su tiempo a revisar el trabajo.

*El éxito no llega por casualidad, es trabajo duro, dedicación, perseverancia, constante aprendizaje, estudio, sacrificio y sobre todo amor por lo que haces.*

## ÍNDICE GENERAL

ACEPTACIÓN DEL TUTOR .....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
LISTA DE TABLAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
1.- CAPÍTULO I. EL PROBLEMA	
1.1. Planteamiento del Problema.....	3
1.2. Formulación del problema.....	6
1.3. Formulación de objetivos .....	6
1.4. Importancia de la investigación.....	6
1.5. Alcances y Limitaciones.....	8
2.- CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes relacionados con la investigación.....	10
2.2. Bases teóricas.....	18
2.3. Definición de términos básicos.....	31
2.4. Formulación de sistema de hipótesis.....	32
2.5. Sistema de Variables.....	34
2.6. Operacionalización de variables.....	34
3.- CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	
3.1. Paradigma de la investigación.....	37
3.2. Enfoque de la investigación.....	37
3.3. Diseño de investigación.....	38
3.4. Nivel de la investigación.....	38
3.5. Población y muestra.....	39
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	40
3.5. Descripción de los procedimientos .....	41
3.6. Técnica de análisis de los datos.....	42
4.- CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS	
Análisis e interpretación de los resultados.....	45
Conclusiones y recomendaciones.....	58
REFERENCIAS CONSULTADAS.....	60
ANEXOS.....	65

## LISTA DE TABLAS

<b>TABLA</b>	<b>PP.</b>
1. Operacionalización de las Variables.....	35
2. Materia seca y análisis bromatológico del <i>Brachiaria brizantha</i> bajo dos periodos (seco y lluvia)	50
3. Promedio de precipitación (mm/mes) en los meses secos y los meses lluviosos durante 10 años.	54
4. Relación entre las variaciones climáticas y la producción de <i>Brachiaria brizantha</i>	56

## **LISTA DE FIGURAS**

<b>FIGURA</b>	<b>PP.</b>
1. Promedio de precipitación (mm/año).....	45
2. Promedio de temperatura (°C/año).....	46
3. Promedio de Humedad Relativa (%).....	47
4. Promedio de Radiación solar (MJ/m <sup>2</sup> /año).....	48

Universidad Nacional Experimental  
de los Llanos Occidentales  
“EZEQUIEL ZAMORA”



La universidad que siembra

Vicerrectorado de Infraestructura y  
Procesos Industriales  
Programa de Ciencias del Agro y del Mar  
Subprograma: Ing. Producción Animal

**IMPACTO DE FACTORES CLIMÁTICOS EN LA PRODUCTIVIDAD DEL  
PASTO BRACHIARIA BRIZANTA (MG4) PARA LA ALIMENTACIÓN  
ANIMAL: HATO EL CORRALITO, COJEDES.**

**Autores:**

Franklin Ortiz  
C.I. 16.128.639  
Jhoynier Andrade  
C.I. 25.603.87

**Tutora:** Yadira  
Flores

**RESUMEN**

El presente estudio tuvo como objetivo analizar el impacto de los factores climáticos en la productividad del pasto *Brachiaria brizantha* MG4 en la finca El Corralito, ubicada en el estado Cojedes. Se compararon variables climáticas como la precipitación, la temperatura, la humedad relativa y la radiación solar durante un periodo de 09 años (2014-2022), así como su relación con el rendimiento y la calidad bromatológica del pasto. Los resultados evidenciaron que la época lluviosa, con precipitaciones superiores a 1 300 mm/año y humedades relativas mayores al 60 %, favorece la producción de materia seca, alcanzando hasta 1 980 kg MS/ha/mes y un mayor contenido de proteína cruda (10,2 %). En contraste, durante la época seca, la producción se redujo a 970 kg MS/ha/mes y la calidad nutricional del pasto disminuyó significativamente. El análisis confirmó que las condiciones climáticas adversas, como sequías y altas temperaturas, afectan negativamente tanto la cantidad como la calidad del forraje disponible. Se concluye que es fundamental implementar prácticas de manejo adaptativas, como la incorporación de árboles forrajeros, la corrección de la acidez del suelo y la aplicación estratégica de fertilizantes, para garantizar la sostenibilidad de la producción forrajera ante la variabilidad climática.

**Palabras Clave:** Factores climáticos, *Brachiaria brizantha* MG4, Producción forrajera

Universidad Nacional Experimental  
de los Llanos Occidentales



“EZEQUIEL ZAMORA”

Vicerrectorado de Infraestructura y  
Procesos Industriales  
Programa de Ciencias del Agro y del Mar  
Subprograma: Ing. Producción Animal

La universidad que siembra

**IMPACT OF CLIMATIC FACTORS ON THE PRODUCTIVITY OF  
*BRACHIARIA BRIZANTHA (MG4)* GRASS FOR ANIMAL FEED: EL**

**Autores:**

Franklin Ortiz  
C.I. 16.128.639  
Jhoynier Andrade  
C.I. 25.603.87

**Tutora:** Yadira  
Flores

**CORRALITO FARM, COJEDES.**

**ABSTRACT**

The objective of this study was to analyze the impact of climatic factors on the productivity of Brachiaria brizantha MG4 grass at El Corralito farm, located in the state of Cojedes. Variables such as precipitation, temperature, relative humidity, and solar radiation were evaluated over a 10-year period (2014-2022), as well as their relationship with the yield and bromatological quality of the grass. The results showed that the rainy season, with precipitation exceeding 1,300 mm/year and relative humidity above 60%, favors dry matter production, reaching up to 1,980 kg DM/ha/month and a higher crude protein content (10.2%). In contrast, during the dry season, production decreased to 970 kg DM/ha/month and the nutritional quality of the grass was significantly reduced. The analysis confirmed that adverse climatic conditions, such as droughts and high temperatures, negatively affect both the quantity and quality of the available forage. It is concluded that it is essential to implement adaptive management practices, such as the incorporation of forage trees, soil acidity correction, and strategic fertilizer application, to ensure the sustainability of forage production in the face of climate variability.

**Keywords:** Climatic factors, *Brachiaria brizantha* MG4, Forage production

## INTRODUCCIÓN

La producción de pastos de calidad es un factor clave para el desarrollo de sistemas ganaderos sostenibles en regiones tropicales, donde las pasturas constituyen la base de la alimentación animal. Entre las especies más utilizadas en estas zonas se encuentra el *Brachiaria brizantha*, reconocida por su adaptación a suelos de baja fertilidad y su capacidad de producción de biomasa. Sin embargo, las condiciones edafoclimáticas específicas, como la textura del suelo, el pH, la disponibilidad de agua y la incidencia de la radiación solar, afectan de manera significativa tanto la cantidad como la calidad del forraje producido.

El hato El Corralito, ubicado en una región con suelos franco arenosos y pH bajo, enfrenta ciertas situaciones relacionadas con la estacionalidad climática, la cual limita la producción de pasto durante la época seca y condiciona la oferta forrajera para el hato. Además, el cambio climático y la creciente variabilidad en las precipitaciones, las temperaturas y la humedad relativa han intensificado estas limitaciones, generando la necesidad de evaluar de manera integral la respuesta productiva del *Brachiaria brizantha* bajo estas condiciones particulares.

En este contexto, resulta esencial analizar el comportamiento del pasto durante las distintas épocas del año, evaluando no solo el rendimiento en materia seca, sino también la calidad bromatológica, entendida como el contenido de proteína cruda, la fibra detergente neutra (FDN) y la digestibilidad, factores determinantes para el aporte nutricional al ganado. Igualmente, es importante relacionar estos parámetros con las condiciones climáticas prevalecientes, con el fin de establecer estrategias de manejo adaptativas que permitan mejorar la eficiencia productiva.

Este estudio busca aportar información relevante para la toma de decisiones agronómicas, proponiendo prácticas que contribuyan a la sostenibilidad del sistema de producción animal en la finca El Corralito, frente a las crecientes amenazas del cambio climático.

La investigación se estructuró de la siguiente manera:

Capítulo I: Contiene el Planteamiento del Problema con sus objetivos generales y específicos, así como, la justificación e Importancia del estudio. Capítulo II: Contiene el Marco Teórico donde se fundamenta, los antecedentes de la investigación, bases teóricas que sustentan el estudio y operacionalización de las variables. En el Capítulo III: Se desarrolla el marco metodológico a través del método, diseño y tipo de investigación, así mismo se establece la población y muestra, las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos, con su correspondiente validación y confiabilidad.

Capítulo IV: Se presenta el análisis e interpretación de los resultados a través de cuadros de frecuencia absoluta y relativa presentados en gráficos. Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones, así como, referencias bibliográficas y anexos.

## CAPÍTULO I

### I. EL PROBLEMA

#### I.1. Planteamiento del problema

El cambio climático es un fenómeno global que ha modificado significativamente los patrones meteorológicos y, en consecuencia, la producción agropecuaria. Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2021), la temperatura media global ha aumentado en aproximadamente 1 °C desde la era preindustrial, lo que se traduce en una mayor incidencia de fenómenos extremos, tales como sequías prolongadas e inundaciones. Esta variabilidad climática tiene un impacto directo en la producción agropecuaria.

En cuanto a la producción de pastos, estos constituyen un aspecto esencial para la sostenibilidad y productividad de los sistemas de ganadería extensiva. Según autores como Murgueitio, Cuartas y Naranjo (2014), “los sistemas de producción agropecuaria requieren estrategias resilientes que puedan mitigar los impactos de los eventos climáticos adversos, como sequías prolongadas y lluvias excesivas” (p. 83).

En este orden de ideas, para Argüello, Mahecha, y Angulo (2019) “La ganadería bovina se ha visto afectada en los últimos años por varios desafíos, entre los que más se destacan y que más relevancia tienen para los productores, técnicos y profesionales dedicados a la actividad ganadera es el cambio climático” (p.32). Por otra parte, Garzón (2011) menciona:

El cambio climático afecta a diferentes seres vivos, entre ellos los animales, pues se afecta su confort y en general la disposición del entorno, en ese entorno se encuentra el alimento disponible para los mismos, y la nutrición de los bovinos se está viendo afectada, generando una menor disponibilidad de energía dietaria, pues por ejemplo producto del calentamiento global, los bovinos están consumiendo pasturas más lignificadas, lo que afecta y disminuye directamente la producción de carne y/o leche (p. 20).

En América Latina, una región reconocida por su amplia diversidad climática y su alta dependencia de las actividades agrícolas y ganaderas, los efectos del cambio climático sobre la producción de pastos, se hacen cada vez más notorios. En relación con este tema, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2018) señala que países como Brasil, Colombia y Argentina han experimentado pérdidas considerables en su productividad, como consecuencia de sequías prolongadas y alteraciones en los patrones de precipitación (p. 36). A esta problemática se suman otros factores, como la degradación de los suelos y la deforestación, que intensifican los efectos adversos del clima.

En Venezuela, y particularmente en regiones con vocación agropecuaria como los estados Cojedes, Apure, Portuguesa, Guárico, Barinas y Llanos orientales, los pastos constituyen la base alimenticia para el ganado en sistemas de producción doble propósito. No obstante, la productividad de estos recursos, se encuentra cada vez más comprometida debido a la creciente variabilidad climática, expresada en alteraciones en los patrones de precipitación, aumento de las temperaturas, y eventos extremos como sequías prolongadas e inundaciones ocasionales.

En cuanto al estado Cojedes, ubicado en el centro-noroeste de Venezuela, presenta condiciones favorables para la ganadería y la agricultura. Sin embargo, bajo las situaciones agroclimáticas tropicales durante período seco o temporada de menos lluvias, que generalmente abarca desde diciembre hasta marzo, las precipitaciones son menos frecuentes y la disponibilidad de agua disminuye lo que puede afectar la vegetación y por ende, la alimentación de los animales que dependen del agua. Por lo tanto, es importante monitorear las condiciones climáticas y tomar medidas para mitigar los efectos de la sequía.

Dentro de este contexto, el Hato Corralito, ubicado en el sector El Barbasco, en la vía hacia El Baúl del estado Cojedes, es una unidad de producción dedicada a la ganadería bovina de doble propósito. Con el paso del tiempo, su actividad principal se transformó, siendo ahora un 80% de ganadería bufalina de doble propósito,

enfocada en el ordeño y la cría para el matadero. Este Hato abarca 12.893 hectáreas, de las cuales aproximadamente 3.000 se destinan a reserva natural, 4.000 hectáreas de potrero, y 1.000 a la producción agrícola y cuenta con un rebaño cercano a los 6.000 animales, incluyendo bufalinos, bovinos y equinos y se caracteriza por su abundante flora y fauna.

Además, el hato presenta un modelo de producción extensiva donde el aprovechamiento eficiente de los pastos naturales y cultivados es clave para el mantenimiento del rebaño. Sin embargo, en los últimos años se ha observado una reducción en la biomasa forrajera disponible, así como cambios en la composición y calidad nutricional de las especies vegetales predominantes, situación atribuida por los productores a factores climáticos adversos.

A pesar de la percepción empírica de esta problemática, existe poca sistematización científica local que permita establecer con precisión el Impacto de factores climáticos en la productividad del pasto *brachiaria brizanta* (mg4). Esta falta de información dificulta la toma de decisiones estratégicas para el manejo del pastizal, la planificación de la carga animal y la implementación de prácticas de adaptación al cambio climático.

En este contexto, surge la necesidad de investigar cómo los factores climáticos (temperatura, precipitación y humedad relativa, entre otros) están incidiendo sobre la producción de biomasa y la disponibilidad estacional del pasto MG4 en el Hato El Corralito. Ello permitiría generar recomendaciones técnicas basadas en evidencias, orientadas a mejorar la resiliencia de la finca y la sostenibilidad de su sistema productivo. Por tal motivo, estas condiciones climáticas adversas han generado la necesidad de realizar la presente investigación que tiene como objetivo evaluar el impacto de las condiciones climáticas en la producción del pasto MG4 en sistemas ganaderos del Hato El Corralito, estado Cojedes.

## **I.2. Formulación del problema**

En tal sentido, se plantean las siguientes interrogantes:

- 1.¿Cómo será la caracterización de los principales factores climáticos (precipitación, temperatura, humedad relativa, entre otros) en el Hato El Corralito durante el período de estudio?
- 2.¿Cuál será el rendimiento del pasto Brachiaria *Brizanta* (MG4) en las áreas de producción del Hato?
- 3.¿Cómo es la relación entre las variables climáticas y la producción del pasto *Brachiaria Brizantha*?

## **I.3. Formulación de objetivos**

### **I.3.1. Objetivo general**

Analizar el Impacto de factores climáticos en la productividad del pasto Brachiaria *Brizanta* (MG4) para la alimentación animal: Hato el Corralito, Cojedes.

### **I.1.3.2. Objetivos específicos**

1. Caracterizar los principales factores climáticos (precipitación, temperatura, humedad relativa, entre otros) en el Hato El Corralito durante el período de estudio.
2. Determinar el rendimiento de pasto Brachiaria *Brizanta* (MG4) en las áreas de producción del Hato.
3. Establecer la relación entre las variables climáticas y la producción del pasto Brachiaria Brizantha.

## **I.4. Importancia de la investigación**

La producción de pastos se erige como la base fundamental de la alimentación ganadera, siendo especialmente crucial en sistemas extensivos y semi-intensivos, donde las condiciones ambientales determinan en gran medida el desempeño

productivo. No obstante, la creciente variabilidad climática que se manifiesta en sequías prolongadas, lluvias erráticas e incrementos de temperatura está afectando significativamente tanto la disponibilidad como la calidad de los recursos del pasto, lo que pone en riesgo la sostenibilidad de los sistemas pecuarios (Herrero, Thornton, Notenbaert, Wood, Perry, 2015).

En un escenario global marcado por los desafíos del cambio climático, garantizar la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios es crucial para reducir riesgos y garantizar la disponibilidad de alimentos en el mediano y largo plazo. La investigación sobre la evaluación del impacto de las condiciones climáticas en la producción de pasto *Brachiaria Brizanta* (MG4) en sistemas ganaderos del Hato El Corralito, estado Cojedes reviste una importancia estratégica al abordar múltiples aspectos fundamentales para el desarrollo sostenible del sector agropecuario.

Por consiguiente, esta investigación se justifica porque existe un vacío de información local sobre cómo los cambios climáticos (aumento de temperatura o reducción de la precipitación) afectan al pasto *Brachiaria Brizanta* (MG4) más utilizado en la región. De igual manera, los productores ganaderos necesitan estrategias basadas en evidencia para seleccionar especies resistentes y ajustar sus prácticas de manejo ante condiciones climáticas extremas.

En términos de ventajas, este estudio contribuye al entendimiento integral de las interacciones entre el clima y el pasto MG4, proporcionando información clave para optimizar el manejo de los sistemas productivos en regiones vulnerables como el estado Cojedes. Además, permite identificar oportunidades para la implementación de prácticas innovadoras que incrementen la resiliencia de los cultivos ante eventos climáticos adversos.

Desde la perspectiva de los beneficios económicos, una producción eficiente de pastos garantiza una base sólida para la ganadería, que representa una fuente significativa de ingresos para los productores locales. Al mejorar la calidad y la

disponibilidad de estos recursos, se reducen los costos asociados a la compra de alimentos complementarios para el ganado, aumentando la rentabilidad y sostenibilidad económica de la finca en estudio. Este impacto positivo se extiende a la economía regional, fortaleciendo cadenas de valor y dinamizando mercados locales. En el contexto de la seguridad alimentaria, el aumento en la producción de pastos de calidad permite sostener la actividad ganadera, que a su vez asegura el abastecimiento de productos como la carne y la leche, esenciales en la dieta de la población.

En relación a la importancia teórica, el estudio contribuirá al conocimiento científico sobre la fisiología del pasto *Brachiaria brizantha* (MG4) bajo estrés climático, generará modelos predictivos del crecimiento en diferentes escenarios climáticos, útiles para futuras investigaciones en el área estudiada. Finalmente, en cuanto a la importancia práctica, brindará recomendaciones técnicas a productores, en cómo manejar las pasturas en épocas de sequía o calor extremo; promoverá el uso de sistemas silvopastoriles como estrategia para reducir el impacto climático, mejorando la sostenibilidad de la ganadería y reducirá costos de alimentación animal, al evitar pérdidas excesivas del pasto y disminuir la dependencia de suplementos externos.

## **I.5. Alcances y Limitaciones**

### **I.5.1. Alcances**

Este estudio permitirá evaluar el impacto de las condiciones climáticas en la producción de pasto *Brachiaria brizantha* (MG4) en sistemas ganaderos del Hato El Corralito, Estado Cojedes. Además, proveerá información relevante y específica sobre la relación entre las condiciones climáticas y el rendimiento del pasto, contribuyendo al desarrollo de estrategias de adaptación sostenibles. Los resultados podrán servir como base para orientar a los productores locales y fortalecer la capacidad de resiliencia frente a las variaciones climáticas. Este análisis generará aportes académicos y prácticos que podrían ser aplicados en regiones con condiciones climáticas similares.

Finalmente, proporcionará una perspectiva integral a nivel macro, meso y micro, lo que permitirá contextualizar los resultados desde lo global hasta lo local.

## **CAPÍTULO II**

### **II. MARCO TEÓRICO**

El marco teórico constituye una de las bases fundamentales de toda investigación científica, ya que permite sustentar conceptualmente el problema de estudio, identificar las variables involucradas y comprender las relaciones existentes entre ellas. A través de una revisión sistemática y crítica de teorías, conceptos y antecedentes previos, el marco teórico orienta el proceso investigativo, facilitando la formulación de hipótesis, la interpretación de resultados y la discusión de hallazgos. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), el marco teórico “brinda un sentido de dirección al estudio, al vincularlo con el conocimiento existente, evitando duplicaciones innecesarias y enriqueciendo la comprensión del fenómeno analizado”.

En este sentido, la construcción del marco teórico requiere la selección y organización de información relevante, proveniente de fuentes confiables, que permita al investigador analizar de forma lógica y coherente los factores que inciden en el objeto de estudio. Además, proporciona una perspectiva crítica que fortalece la validez y la pertinencia de la investigación. En el presente trabajo, el marco teórico abordará los principales conceptos relacionados con la producción de pastos y forrajes, los factores climáticos que inciden en su productividad, y la manera en que estas variables interactúan dentro de los sistemas de alimentación animal. Este análisis teórico servirá de sustento para el estudio titulado: Impacto de factores climáticos en la productividad de pastos y forrajes para la alimentación animal: Hato El Corralito, estado Cojedes.

#### **II.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Para contextualizar los antecedentes sobre el impacto de factores climáticos en la productividad del pasto pasto *Brachiaria Brizanta* (MG4) para la alimentación animal: Hato el Corralito, Cojedes, es relevante considerar estudios previos que han abordado este tema en Venezuela. Estos antecedentes proporcionan una base sólida para comprender cómo los factores climáticos pueden afectar la productividad de

pasto en Hato El Corralito, estado Cojedes, y resaltan la importancia de realizar estudios específicos en la región para desarrollar estrategias de manejo adaptativas que aseguren una alimentación adecuada para el ganado en el contexto del cambio climático. Bajo este contexto se presentan los siguientes antecedentes:

Lucas (2022) realizó el trabajo titulado Impacto del cambio climático en sistemas productivos agrícolas, finca “Toala León” comunidad de Joa – Jipijapa Unesum. Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura. El objetivo principal del estudio fue evaluar el impacto de los factores climáticos en los sistemas productivos agrícolas. Para ello, se empleó una metodología basada en el enfoque inductivo y cuantitativo, utilizando herramientas estadísticas para el análisis y procesamiento de datos. A través de las plataformas Excel e Infostat, se aplicó un modelo de regresión lineal que permitió proyectar el comportamiento climático hasta el año 2050, evaluando la tendencia de tres variables: precipitación, heliofanía y temperatura.

El método analítico facilitó la interpretación de los datos obtenidos, permitiendo identificar las especies de flora y fauna más vulnerables frente al cambio climático. Se aplicó un índice de vulnerabilidad basado en los enfoques propuestos por autores como Foden et al. (2013), Carr et al. (2014), Reece y Noss (2014) y Böhm et al. (2016), quienes establecieron criterios relacionados con la sensibilidad, capacidad adaptativa y exposición de las especies ante variaciones climáticas.

Los resultados indicaron que en la finca “Toala León”, las especies están siendo afectadas por los actuales cambios climáticos y lo estarán aún más en el futuro. Según las proyecciones, la temperatura y la heliofanía aumentarán hasta un 1,37% y 0,86% respectivamente para el año 2050, mientras que la precipitación disminuirá un 0,13%. Además, el inventario realizado reveló que, a partir del año 2030, muchas especies de flora y fauna comenzarán a experimentar consecuencias negativas debido al incremento de la temperatura y la reducción de lluvias. En cuanto al índice de vulnerabilidad, se identificó que las especies en mayor riesgo por el cambio climático

son la sandía (roja y amarilla) y el pepino, lo que podría generar pérdidas económicas significativas para los agricultores al reducirse sus cosechas.

El estudio realizado por Lucas (2022), titulado Impacto del cambio climático en sistemas productivos agrícolas, representa un valioso antecedente para la presente investigación, ya que ofrece un análisis detallado sobre cómo las variaciones climáticas afectan los sistemas productivos agrícolas en la finca “Toala León”, mediante la proyección de variables como la temperatura, la precipitación y la heliofanía hasta el año 2050. Al igual que en dicho estudio, la presente investigación se interesa por comprender los efectos del cambio climático, pero enfoca su análisis en la productividad de pasto utilizado en la alimentación animal, específicamente en el Hato El Corralito, estado Cojedes. Esta relación permite contrastar cómo las condiciones climáticas influyen tanto en cultivos agrícolas como en la productividad de los pastizales, lo cual resulta fundamental para el desarrollo de estrategias de adaptación en contextos agropecuarios distintos, pero igualmente vulnerables.

Mola, Bonet y Rodríguez (2021), realizaron el trabajo que lleva por título Tecnologías para el uso eficiente de los recursos hídricos en fincas ganaderas. Los autores destacan que el agua es un recurso natural renovable pero finito, por lo que exige una gestión planificada que asegure su conservación y uso racional en equilibrio con el desarrollo económico y social sostenible. En el ámbito agrícola, las limitaciones hídricas hacen indispensable la incorporación de tecnologías que promuevan un uso más eficiente de este recurso. En este contexto, se llevó a cabo un estudio en fincas ganaderas del municipio de Jimaguayú, participantes en el proyecto "Bases Ambientales para la Seguridad Alimentaria Local" (BASAL), con el propósito de evaluar de manera cualitativa el proceso de incorporación de tecnologías orientadas al uso eficiente del agua, así como su potencial para mitigar los efectos del cambio climático.

La investigación incluyó el levantamiento de información sobre las tecnologías implementadas, el análisis de su nivel de adopción entre los productores y la identificación de barreras que limitan su expansión. En cuanto al suministro de agua

para el ganado, se evidenció que, si bien los productores valoran el uso de molinos de viento, no existe una tradición establecida respecto al aprovechamiento del agua de lluvia. Por otro lado, el riego de pastos no ha sido una práctica común en la zona, aunque se reconoce su importancia para incrementar la disponibilidad de alimento para los animales.

Por lo antes expresado, las tecnologías introducidas representan una alternativa viable para optimizar el uso del agua en sistemas ganaderos. No obstante, su adopción enfrenta diversos desafíos. Aun así, los productores manifiestan un alto nivel de conciencia sobre los beneficios ambientales y económicos que estas tecnologías pueden aportar al sector.

La investigación realizada por Mola et al. (2021) sobre las tecnologías para el uso eficiente del agua en fincas ganaderas guarda una estrecha relación con el estudio titulado Impacto de factores climáticos en la productividad de pasto para la alimentación animal: Hato El Corralito, estado Cojedes, ya que ambos trabajos abordan cómo las condiciones climáticas y la disponibilidad de recursos hídricos influyen directamente en la producción de alimento para el ganado.

En el caso del Hato El Corralito, las variaciones climáticas como la disminución de las precipitaciones, el aumento de la temperatura y los prolongados períodos de sequía afectan significativamente la productividad de los pastizales, al igual que en el estudio desarrollado en Jimaguayú, donde se identificaron limitaciones en el abastecimiento de agua para el ganado y el riego de forrajes. En ambos casos, se reconoce que el cambio climático representa una amenaza real para la sostenibilidad de la producción ganadera, y que la incorporación de tecnologías hídricas apropiadas es una estrategia fundamental para la adaptación.

Además, la investigación de Mola et al. (2021) sirve como referencia relevante para el contexto de Cojedes, ya que plantea la necesidad de evaluar y fomentar la adopción de soluciones como el aprovechamiento del agua de lluvia, el uso de molinos de viento y sistemas de riego tecnificado, lo cual podría aplicarse en el Hato El Corralito para mejorar la resiliencia de los sistemas productivos ante las

adversidades climáticas. Esta relación resalta la importancia de integrar la planificación del recurso hídrico con medidas de adaptación tecnológica para garantizar la sostenibilidad en la productividad de los pastizales en entornos vulnerables al cambio climático.

Gomara, Bellocchi, Martin, Rodriguez, Ruiz (2020), realizaron la investigación que lleva por título Influencia de la variabilidad climática en la producción potencial de forraje de una pradera permanente segada en el Macizo Central francés, cuyo objetivo fue generar series temporales de producción óptima de forraje, dependientes exclusivamente del clima, una variable que se maximizó con condiciones climáticas más brillantes y cálidas en la pradera. En este estudio, se utilizó el modelo de Simulación de Pastizales (PaSim) para simular, durante el período 1959-2015, la producción de forraje de un sistema de pradera segada (Laqueuille, Macizo Central de Francia) bajo diferentes condiciones de manejo, con datos meteorológicos extraídos de la base de datos atmosféricos SAFRAN.

Se observó un aumento a largo plazo en el rendimiento forrajero simulado, siendo el promedio de 1995-2015 un 29% superior al promedio de 1959-1979. Este aumento parece concordar con las tendencias ascendentes observadas en la temperatura y el CO<sub>2</sub>, y con los cambios multidecenales en la radiación solar incidente. En escalas interanuales, se encontró que las anomalías de la temperatura superficial del mar del Mediterráneo (MED), el Atlántico Norte Tropical (TNA), el Pacífico ecuatorial (El Niño-Oscilación del Sur) y el índice de Oscilación del Atlántico Norte (NAO) presentaban una sólida correlación con los valores anuales del rendimiento forrajero.

Basándose únicamente en predictores climáticos, desarrollaron un modelo estadístico de regresión múltiple por pasos con validación cruzada de exclusión de uno. Bajo condiciones de manejo específicas (por ejemplo, tres cortes anuales) y con uno a cinco meses de anticipación, el modelo generado proporcionó exitosamente un valor  $p < 0,01$  en correlación (prueba t), un porcentaje de error cuadrático medio (% RMSE) de 14,6% y una tasa de acierto de 71,43% al predecir años superiores o inferiores al promedio en términos de recolección de rendimiento de forraje.

El estudio de Gomara et al. (2020) proporciona información valiosa sobre cómo la variabilidad climática influye en la producción de forraje en sistemas de pastoreo. Los hallazgos sugieren que el cambio climático tiene el potencial de afectar significativamente la cantidad y calidad del forraje disponible, lo cual impacta directamente en la alimentación animal. Las estrategias basadas en el monitoreo climático y el modelado de la producción forrajera pueden ser herramientas útiles para los ganaderos en la gestión de sus recursos y la adaptación a las condiciones cambiantes.

Álvarez (2019), realizó el estudio denominado Variación de los periodos de crecimiento para tres pastos tropicales, bajo los efectos del cambio climático, donde el objetivo fue analizar los cambios de los períodos de crecimiento para tres pastos tropicales, bajo los efectos del cambio climático en Cuba. Se utilizó información de un registro de 30 años (línea base 1961-1990) de temperatura y precipitación medias mensuales, de la base de datos del Centro de Clima -perteneciente al Instituto de Meteorología de Cuba-, correspondiente a 61 estaciones meteorológicas.

La evapotranspiración de referencia se calculó por la fórmula de Penman Monteith, modificada por la FAO y ajustada a las condiciones climáticas locales. Se realizó un análisis de las deficiencias hídricas, de las fechas de inicio y fin del período de crecimiento, y del índice de aridez. Para el análisis de los climas futuros, se usaron salidas diarias del Modelo de Circulación General Echam4, con el forzamiento de los escenarios de emisiones A2 y B2. El período de crecimiento, para 2071-2099, comenzará con un retraso de entre 12 y 15 decenas para *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst y *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone.

En contraste, se prevé un adelanto de la fecha de finalización del período entre la segunda y la tercera decena de noviembre para *C. nlemfuensis* y *C. purpureus*, y en la primera decena para *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon y S.W.L. Jacobs. Se comprobó que el clima de Cuba sufrirá un fuerte proceso de aridización, y llegará a clasificarse como subhúmedo seco. Se concluye que el comportamiento de las precipitaciones y la evapotranspiración del cultivo tiene un impacto marcado en la

duración del periodo de crecimiento de las especies de pastos en estudio, con una reducción de este, lo que se evidenciará en el retraso de las fechas de inicio y el adelanto de las de culminación. Ello tendría amplia repercusión en la duración de las fases fenológicas, los componentes del rendimiento y la calidad nutricional del cultivo, así como en la aparición de plagas y enfermedades.

El estudio de Álvarez (2019) proporciona una base sólida para comprender cómo los factores climáticos, como la temperatura, las precipitaciones y la evapotranspiración, pueden afectar la productividad y la calidad de los pastos, con repercusiones directas sobre la alimentación animal en áreas como Hato El Corralito. Los cambios en los períodos de crecimiento, la deficiencia hídrica y la aridización del clima podrían alterar significativamente la disponibilidad y la calidad de los pastos, afectando el rendimiento productivo del ganado. Por lo tanto, es crucial adoptar estrategias de manejo sostenible y adaptativas para mitigar estos impactos y garantizar una alimentación animal adecuada en el futuro.

El estudio desarrollado por Febles, Ruiz y Baños (2009), titulado Efecto del clima en la producción de semillas de pastos tropicales de gramíneas, tuvo como objetivo analizar cómo las variables climáticas, especialmente la temperatura y la precipitación, inciden en la producción de semillas de gramíneas tropicales utilizadas como pastos forrajeros. La investigación se llevó a cabo en diferentes regiones agroecológicas de Cuba, permitiendo una visión integral del comportamiento de estas especies bajo distintas condiciones climáticas.

La metodología consistió en la selección de varias especies forrajeras de gramíneas tropicales, las cuales fueron cultivadas en parcelas experimentales ubicadas en zonas representativas del país. Se recopilaron datos meteorológicos correspondientes a temperatura media, máxima y mínima, precipitación acumulada y humedad relativa, provenientes de estaciones cercanas. Paralelamente, se evaluó la producción de semillas en términos de rendimiento por hectárea, considerando factores como la época del año, el tipo de manejo agronómico y las características del

suelo. Para establecer relaciones entre el clima y la productividad, se aplicaron análisis estadísticos de correlación y regresión.

Los resultados indicaron una relación significativa entre la distribución y cantidad de precipitaciones y la producción de semillas. Se observó que tanto los períodos de sequía como los de exceso de lluvias afectaban negativamente el rendimiento. Asimismo, las temperaturas extremas, ya sean altas o bajas, influyeron de manera adversa en la viabilidad y desarrollo de las semillas, comprometiendo su calidad. Se destacó también que ciertas especies demostraron una mayor tolerancia a las variaciones climáticas, lo cual resalta la importancia de seleccionar variedades adaptadas a condiciones locales.

A partir de los hallazgos, los autores recomendaron la implementación de prácticas de manejo agronómico orientadas a mitigar los efectos adversos del clima, como el riego suplementario en épocas secas y el drenaje en temporadas lluviosas. Igualmente, se propuso priorizar el uso de variedades forrajeras que evidencien mayor resiliencia climática. Finalmente, se sugirió continuar con investigaciones que profundicen en la relación entre clima y productividad forrajera, incluyendo el desarrollo de modelos predictivos que contribuyan a la planificación y toma de decisiones en sistemas de producción ganadera tropical.

La investigación realizada por Febles et al. (2009) guarda una estrecha relación con el trabajo titulado el Impacto de factores climáticos en la productividad del pasto *Brachiaria Brizantha* (MG4) para la alimentación animal: Hato el Corralito, Cojedes, ya que ambos estudios comparten una preocupación central: entender cómo las variables climáticas influyen en la producción del pasto, un componente esencial en los sistemas de alimentación animal en regiones tropicales.

Ambos trabajos consideran al clima como un factor determinante en la dinámica productiva de los pastos. La investigación cubana evidenció que la precipitación, la temperatura y la humedad relativa afectan de forma significativa la producción de semillas en gramíneas tropicales, estableciendo correlaciones estadísticas que permiten comprender estos efectos en diferentes contextos agroecológicos. De

manera similar, el estudio en el Hato El Corralito busca caracterizar los principales factores climáticos de la zona y establecer su relación con el rendimiento del pasto, lo cual es clave para mejorar la eficiencia del sistema ganadero local.

Además, la metodología empleada en ambos trabajos incluye el uso de parcelas experimentales, el registro de datos agroclimáticos, el análisis de biomasa (o semillas, en el caso del estudio cubano) y la aplicación de herramientas estadísticas para interpretar la relación entre clima y productividad vegetal. Esto permite fundamentar científicamente el enfoque metodológico del trabajo en El Corralito, dándole mayor rigor y validez a través del respaldo de investigaciones previas de naturaleza similar.

Finalmente, la conexión entre ambos estudios refuerza la importancia de desarrollar estrategias adaptativas frente a la variabilidad climática. Así como Febles et al. recomendaron prácticas agronómicas ajustadas al comportamiento climático, la presente investigación puede aprovechar estas recomendaciones para proponer acciones concretas de manejo de pastizales, selección de especies resilientes y planificación de cosechas en función del régimen climático local.

## **II.2. BASES TEÓRICAS**

El Impacto de factores climáticos en la productividad del pasto *Brachiaria Brizanta* (MG4) para la alimentación animal se debe a la relación intrínseca entre el clima y las condiciones de crecimiento de los pastos, que son esenciales para la nutrición del ganado. De acuerdo a Del Prado, Galán, Batalla y Pardo (2020), las variaciones en las condiciones climáticas afectan tanto la cantidad como la calidad de los forrajes, lo que, a su vez, influye directamente en la eficiencia de los sistemas de producción animal. Las siguientes bases teóricas proporcionan una comprensión de los procesos involucrados y los efectos que los factores climáticos pueden tener sobre los pastos.

### **Clima**

Herrera (2006) describe el clima como el conjunto de condiciones meteorológicas predominantes que se manifiestan con cierta regularidad en una región del planeta, y

que resultan de la interacción de diversos factores físicos de la atmósfera como la temperatura, la humedad, los vientos, la radiación solar y el estado eléctrico del aire. Aunque estos elementos pueden experimentar variaciones por efectos de fenómenos meteorológicos transitorios, el clima representa un comportamiento relativamente constante a lo largo del tiempo. Esta constancia es clave en la producción agropecuaria, ya que determina la adaptación de especies vegetales a determinadas zonas, entre ellas los pastos y forrajes, que son especialmente sensibles a las condiciones térmicas y hídricas del ambiente.

Desde una perspectiva práctica, Anon (2008) sostiene que un clima adecuado para la producción de semillas, incluyendo las de especies forrajeras, debe ofrecer niveles suficientes de radiación solar, temperaturas dentro de los rangos óptimos para el desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo, y precipitaciones no limitantes. Para los pastos, estas condiciones son cruciales, ya que su desarrollo se ve favorecido por climas cálidos con lluvias bien distribuidas durante la etapa de crecimiento, y por condiciones secas al momento de la floración y maduración de la semilla. Un ambiente estable y seco al final del ciclo del cultivo es esencial para evitar pérdidas por enfermedades fúngicas o deterioro de la calidad del material recolectado.

En este sentido, Tergas (1991) enfatiza que la producción y calidad de los pastizales tropicales están directamente relacionadas con la duración del período de lluvias, la intensidad de la radiación solar y la temperatura media del entorno. Los pastos tropicales, por ejemplo, requieren de una adecuada humedad en el suelo para un crecimiento vigoroso, pero también dependen de una estación seca definida para inducir la floración y facilitar la cosecha de semillas. Además, las condiciones climáticas influyen en el contenido nutricional del pasto, ya que un exceso de humedad puede reducir la concentración de carbohidratos solubles, mientras que una radiación deficiente limita la fotosíntesis y, por ende, la acumulación de biomasa útil para la alimentación animal.

Los componentes del clima son los elementos fundamentales que, en su interacción, determinan las condiciones climáticas de una región. Estos componentes

no actúan de forma aislada, sino que se combinan dinámicamente para influir en el ambiente, especialmente en sistemas productivos como los pastos. A continuación, se presentan los principales:

### **Radiación solar**

La energía radiante generada en el Sol como consecuencia de complejas reacciones de fusión nuclear se propaga a través del espacio en forma de fotones, pequeñas unidades de energía que viajan hasta la Tierra. Al llegar, estos fotones interactúan con la atmósfera y la superficie del planeta, modificando su comportamiento en función de diversos factores físicos y químicos (Paredes, 2020). Este proceso no ocurre de manera uniforme, ya que la radiación solar que incide sobre la superficie terrestre varía dependiendo de elementos planetarios como la distancia entre la Tierra y el Sol, así como la inclinación del eje terrestre. A ello se suman factores atmosféricos, entre los cuales destacan la presencia de gases, la cobertura nubosa y la concentración de partículas en suspensión, que pueden reflejar, absorber o dispersar la radiación solar (Barry y Chorley, 1999).

Según lo expuesto por Paredes (2020), esta distribución desigual de la energía solar en las distintas zonas del planeta constituye un elemento clave en la dinámica de la circulación atmosférica global, influyendo de manera determinante en la configuración de los climas regionales. Así, a lo largo del año, es posible observar variaciones significativas en las condiciones climáticas de una localidad, las cuales dan origen a las estaciones del año. En el caso específico de Venezuela, la insolación media anual se sitúa entre las 6 y 9 horas diarias, siendo las regiones costeras las que suelen registrar una mayor cantidad de días con mayor duración de luz solar.

Este fenómeno, conocido como fotoperiodo o duración del día, ejerce una influencia directa sobre diversos procesos biológicos en plantas y animales. En el ámbito vegetal, muchas especies requieren un número específico de horas de luz para iniciar su floración. Si no se cumplen esas condiciones lumínicas mínimas, la floración puede retrasarse o incluso no llegar a producirse, afectando así los ciclos

reproductivos y los sistemas agrícolas dependientes de estas respuestas foto-dependientes (Barry y Chorley, 1999).

### **Temperatura**

La temperatura es uno de los factores climáticos más influyentes en el desarrollo vegetal, ya que regula procesos fisiológicos fundamentales como la germinación, la fotosíntesis, la respiración y la transpiración. En el caso de los pastos y forrajes, las temperaturas óptimas para el crecimiento oscilan entre los 25 °C y 35 °C, valores comunes en zonas tropicales. Temperaturas por debajo de los 15 °C ralentizan el crecimiento, mientras que valores por encima de los 38 °C pueden inducir estrés térmico, reducción de biomasa y afectar la calidad nutricional del pasto (Tergas, 1991). Según Herrera (2006), la temperatura también incide en la distribución geográfica de las especies vegetales, condicionando qué gramíneas o leguminosas pueden adaptarse a un determinado ecosistema.

### **Precipitación (lluvia)**

La precipitación aporta el agua indispensable para la vida vegetal, por lo tanto, su cantidad, distribución y estacionalidad tienen un impacto directo en la productividad de los pastizales. En regiones donde las lluvias son bien distribuidas durante el año, los pastos pueden mantener un crecimiento constante, mientras que en zonas con marcadas estaciones secas, muchas especies entran en latencia o reducen su productividad (Anon, 2008). De acuerdo con Medina y Silva (2013), en sistemas de producción animal basados en pasturas, la precipitación influye no solo en la cantidad de forraje disponible, sino también en su calidad, ya que el contenido de proteína y la digestibilidad se ven afectados por el estrés hídrico o el encharcamiento.

### **Humedad relativa**

La humedad relativa del aire incide directamente sobre la transpiración de las plantas, la evaporación del agua del suelo y la aparición de enfermedades. Altos niveles de humedad, combinados con temperaturas cálidas, crean un ambiente propicio para el desarrollo de hongos fitopatógenos, afectando tanto la producción

como la calidad de los pastos (Tergas, 1991). Por otro lado, una humedad demasiado baja incrementa la pérdida de agua por evapotranspiración, lo que puede acelerar el marchitamiento y la senescencia del pasto, especialmente en especies de crecimiento superficial.

### **Radiación solar**

La radiación solar es la fuente de energía que impulsa la fotosíntesis, proceso esencial para la producción de biomasa vegetal. Las gramíneas tropicales C4, como el *Panicum maximum* o el *Brachiaria* spp., están especialmente adaptadas a climas con alta incidencia solar, y su eficiencia fotosintética disminuye considerablemente en condiciones de sombra o nubosidad prolongada (Lascano y Estrada, 2002). Además, la intensidad y duración de la luz influyen en el fotoperiodo, lo que determina la floración del pasto (Herrera, 2006).

### **Viento**

El viento, aunque muchas veces subestimado, también es un componente importante del clima. Puede favorecer la polinización anemófila en algunos pastos, pero en exceso puede incrementar la evaporación del agua del suelo y acelerar el secado de la biomasa, afectando la disponibilidad del pasto. Según Medina y Silva (2013), los vientos fuertes y prolongados pueden ocasionar daños mecánicos en las plantas y erosionar el suelo, especialmente en pasturas mal manejadas o con escasa cobertura vegetal.

### **Presión atmosférica**

La presión atmosférica no influye de forma directa en el crecimiento de los pastos, pero sí condiciona fenómenos meteorológicos como la formación de nubes, lluvias y frentes fríos. Cambios bruscos en la presión pueden estar asociados a eventos climáticos extremos que alteran la producción de pastos, como lluvias intensas, tormentas o sequías prolongadas (Herrera, 2006). En zonas de altitud elevada, donde la presión atmosférica es menor, también puede haber una reducción en la eficiencia fotosintética de algunas especies sensibles.

## **Estado eléctrico de la atmósfera**

Este componente incluye fenómenos como las tormentas eléctricas, la presencia de rayos y descargas eléctricas. Aunque son eventos puntuales, pueden afectar tanto la infraestructura rural (cercas, sistemas de riego) como directamente a los animales y cultivos. En el caso de los pastos, las lluvias eléctricas intensas que acompañan tormentas pueden causar inundaciones repentinas y compactación del suelo, lo cual afecta la aireación radicular y el crecimiento de la biomasa forrajera (Anon, 2008).

## **Relación entre el clima y el crecimiento vegetal**

El crecimiento de los pastos depende de la disponibilidad de agua, la temperatura, la radiación solar y las condiciones del suelo. Estos factores determinan las fases de crecimiento de las plantas, desde la germinación hasta la madurez. La temperatura y la humedad son especialmente importantes, ya que la temperatura influye en la tasa de fotosíntesis, la transpiración y la producción de biomasa, mientras que las precipitaciones afectan la disponibilidad de agua en el suelo, factor crítico para el crecimiento. A continuación, se detallan algunos parámetros climáticos:

1. Temperatura, según Soussana et al. (2007), las altas temperaturas pueden acelerar el crecimiento de las plantas hasta cierto punto, pero cuando son excesivas, pueden causar estrés térmico, reduciendo la eficiencia fotosintética y el crecimiento. Las temperaturas fuera de los rangos óptimos pueden incluso desencadenar el marchitamiento o la muerte de las plantas.

2. Precipitaciones, Huxman et al. (2004) destacan que las lluvias son determinantes en la cantidad de agua disponible para el desarrollo del pasto, por lo tanto, en períodos de sequía, la escasez de agua limita el crecimiento de los pastos, mientras que el exceso de agua puede llevar a la saturación del suelo y la reducción de la disponibilidad de oxígeno para las raíces.

## **Pasturas en el trópico**

En las regiones tropicales, la oferta de recursos alimenticios locales es amplia y diversa. Además de las gramíneas tradicionales, se destacan los follajes provenientes

de árboles y arbustos leguminosos, así como las leguminosas rastreras, que son frecuentemente utilizados como suplementos en la dieta animal. De acuerdo a Triana, Curbelo y Loyola (2017), estos recursos representan una alternativa valiosa para mejorar la alimentación del ganado, especialmente en sistemas de producción con limitaciones económicas o ambientales.

Sin embargo, uno de los principales desafíos es el desconocimiento o la escasa información sobre su composición nutricional, lo cual dificulta su uso eficiente y limita su integración efectiva en programas de alimentación animal que busquen sostenibilidad productiva y ambiental. A pesar de la amplia disponibilidad de pastos en estas zonas, las especies con mayor presencia y relevancia en la ganadería tropical siguen siendo las gramíneas del género *Brachiaria*, debido a su adaptabilidad, resistencia y alto rendimiento. (Motta et al. 2019).

En este orden de ideas, para Motta, Ocaña y Rojas (2019), las pasturas se caracterizan por tener una composición botánica diversa, integrando principalmente comunidades vegetales en las que predominan las gramíneas de la familia Poaceae. Estas especies suelen coexistir con una variedad de plantas dicotiledóneas herbáceas (Magnoliopsida), en proporciones variables según el ecosistema. En las zonas tropicales, esta mezcla puede ser aún más compleja, incluyendo tanto monocotiledóneas como dicotiledóneas, tales como leguminosas, malezas (arvenses), así como especies leñosas como árboles y arbustos.

Esta diversidad vegetal responde a múltiples factores, entre ellos las condiciones agroecológicas imperantes, tales como clima, tipo y fertilidad del suelo, intensidad del pastoreo, incidencia de plagas, así como a las demandas nutricionales del ganado. En este contexto, se denominan pasturas mejoradas aquellas que han sido establecidas mediante la siembra de especies vegetales seleccionadas por sus características agronómicas y nutricionales superiores (Canto et al., 2010; Dignam et al., 2016).

Por su parte, Juárez y Bolaños (2007), citado en Motta et al. (2019), destacan que los pastos utilizados en regiones tropicales pueden clasificarse en función del tipo de suelo donde prosperan. Así, existen gramíneas adaptadas a suelos periódicamente

inundables, otras que se desarrollan en suelos bien drenados (no inundables), y especies tolerantes a condiciones de baja fertilidad. Dentro de este amplio espectro de especies forrajeras, se reconoce una alta difusión y relevancia económica de los géneros *Brachiaria*, *Panicum* y *Paspalum*, debido a su capacidad de adaptación a diversas condiciones edafoclimáticas y su potencial productivo en sistemas de pastoreo tropical.

### **Cambio climático y sus efectos en la productividad del pasto**

El cambio climático está generando alteraciones en los patrones meteorológicos tradicionales, como el aumento de la frecuencia de fenómenos climáticos extremos (sequías, lluvias intensas, olas de calor) y un incremento gradual de las temperaturas globales. Estos cambios tienen un impacto directo sobre los ecosistemas de pastizales, que deben adaptarse a nuevas condiciones. En este orden de ideas, Schulze et al. (2005) sugieren que un incremento en las temperaturas puede prolongar las estaciones de crecimiento, pero también puede modificar la dinámica de los pastos. En muchos casos, las altas temperaturas afectan negativamente la producción, especialmente en especies sensibles al calor.

En relación a las alteraciones en las precipitaciones, Lobell et al. (2011) argumentan que las sequías prolongadas o las lluvias excesivas afectan tanto la cantidad como la calidad del pasto disponible, ya que la escasez de agua disminuye la producción de pasto, mientras que las lluvias intensas pueden arruinar la estructura del suelo, afectando la salud de las plantas y su capacidad para absorber nutrientes.

### **Fenología de los pastos y el clima**

La fenología de los pastos se refiere a las fases de desarrollo de las plantas a lo largo del ciclo anual (emergencia, crecimiento vegetativo, floración y maduración). De acuerdo a Ramírez, Zambrano, Campuzano, Verdecia, Chacón, Arceo, Labrada y Uvidia (2017), las alteraciones en los ciclos climáticos afectan la sincronización de estas fases, lo que puede alterar la cantidad de pasto disponible en diferentes momentos del año. Dentro de estas alteraciones están:

Retraso en el inicio o final de la temporada de crecimiento, ya que para Jones et al. (2005) el cambio climático puede hacer que las temporadas de crecimiento comiencen más tarde o terminen más temprano. Esto puede reducir la ventana de tiempo durante la cual los pastos son productivos, afectando la cantidad total de pasto producido en un año. Además, se acelera la maduración, por lo que según Alonso et al. (2017), la temperatura más alta puede hacer que las plantas pasen rápidamente de la fase vegetativa a la reproductiva, lo que afecta la calidad del pasto (por ejemplo, un pasto más maduro tiene menor valor nutricional).

### **Impacto de la radiación solar y la eficiencia fotosintética**

La radiación solar es un factor determinante en el proceso fotosintético de las plantas, ya que proporciona la energía necesaria para la conversión del dióxido de carbono y el agua en compuestos orgánicos. En regiones donde la radiación solar ha aumentado debido al cambio climático, las plantas podrían incrementar la producción de biomasa. Sin embargo, este incremento no siempre resulta beneficioso, especialmente si se presenta junto con temperaturas extremas o déficit hídrico, lo cual puede generar estrés fisiológico que contrarresta los posibles beneficios del aumento de luz solar (Ramírez et al., 2017).

En el caso de los pastos, la eficiencia fotosintética también se ve comprometida bajo estas condiciones. Un estudio realizado por Álvarez (2019) en poblaciones de *Bouteloua curtipendula* en el norte de México encontró que la eficiencia fotosintética está estrechamente relacionada con las características estomáticas y la producción forrajera. Cuando las condiciones ambientales no son óptimas, la capacidad fotosintética disminuye significativamente, lo que se traduce en una menor producción de pasto.

Además, la calidad de la radiación influye en la iniciación del macollaje en numerosas gramíneas. La luz promueve la producción de clorofila y la expansión de la hoja, mientras que el alargamiento del tallo se inhibe por la luz y el desarrollo de la raíz. Por lo tanto, un manejo racional de las pasturas debe considerar la captación de la mayor radiación solar posible, lo cual se puede lograr optimizando la fotosíntesis y,

en consecuencia, la producción de pasto (Álvarez, Morales, Corrales, Avendaño y Villarreal, 2018). Cabe destacar que las plantas C4, como muchas especies de pastos, presentan una mayor eficiencia fotosintética en comparación con las plantas C3, especialmente bajo condiciones de alta radiación y temperaturas elevadas. Esta mayor eficiencia les permite alcanzar niveles superiores de crecimiento y producción de biomasa.

### **Adaptación y manejo de pastizales bajo condiciones climáticas cambiantes**

El manejo adecuado de los pastizales frente a escenarios climáticos cada vez más variables se ha convertido en un elemento clave para garantizar la sostenibilidad de la producción de pasto, especialmente en sistemas ganaderos dependientes del pasto como principal fuente de alimentación. Las alteraciones en los patrones de lluvia, el incremento de las temperaturas medias y la mayor frecuencia de eventos extremos como sequías prolongadas exigen una planificación estratégica y adaptativa. Entre las principales estrategias de manejo se destacan la selección de especies forrajeras más resistentes, la aplicación de prácticas de conservación de suelos y agua, y el uso de riego suplementario en épocas críticas (Ramírez et al., 2017).

En cuanto a la elección de pastos que presenten mayor tolerancia a condiciones climáticas adversas, debe ser una medida fundamental para la resiliencia de los sistemas productivos. En este sentido, Soussana et al. (2007) subrayan la importancia de seleccionar gramíneas y leguminosas capaces de soportar altas temperaturas, déficit hídrico y suelos de baja fertilidad, características cada vez más frecuentes en zonas afectadas por el cambio climático. El uso de especies C4, como *Panicum maximum* o *Brachiaria brizantha*, ha demostrado ser particularmente eficaz en ambientes tropicales y subtropicales por su alta eficiencia fotosintética y tolerancia al estrés hídrico.

Además, el uso de técnicas de conservación del suelo y del agua se vuelve indispensable para mantener la productividad de los pastizales en condiciones

adversas. En este orden de ideas, Easterling et al. (2007), aseveran que prácticas como la rotación racional del pastoreo, la siembra de cultivos de cobertura, el mantenimiento de cobertura vegetal permanente, y la incorporación de materia orgánica al suelo permiten mejorar la infiltración de agua, reducir la erosión y aumentar la retención de humedad. Estas medidas, además de conservar los recursos naturales, favorecen la regeneración del pasto y alargan los periodos de aprovechamiento del pasto.

En relación al riego suplementario y planificación del uso del agua, para Ramírez et al. (2017), en regiones con estaciones secas prolongadas, la implementación de sistemas de riego suplementario, aunque limitada por la disponibilidad de agua, puede ser una alternativa viable para mantener la productividad en momentos críticos. Asimismo, el riego debe ir acompañado de una planificación eficiente basada en el monitoreo del clima y del estado fenológico de los pastos para maximizar su efectividad y evitar el desperdicio de recursos hídricos.

Por lo antes dicho, la adaptación de los sistemas pastoriles al cambio climático requiere un enfoque integral, que combine el conocimiento técnico con la observación local y el monitoreo constante de las condiciones ambientales. De esta manera, es posible garantizar la producción sostenible de pasto y, con ello, la estabilidad de los sistemas ganaderos.

### **Pastos y su manejo sostenible**

Los pastizales se establecen predominantemente en zonas donde las condiciones ambientales limitan el cultivo de especies agrícolas intensivas, debido a factores como la escasez de humedad, baja fertilidad del suelo, acidez o alcalinidad extrema (pH), y su lejanía respecto a centros urbanos o comerciales. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2018), aproximadamente el 26% de la superficie terrestre del planeta y cerca del 70% de las tierras agrícolas están ocupadas por praderas. Estas áreas cumplen funciones

esenciales para el sustento de más de 800 millones de personas, al ser una fuente primaria de forraje para el ganado.

Además de su función productiva, los pastizales desempeñan un papel ecológico clave: actúan como hábitat natural para diversas especies de flora y fauna, contribuyen a la regulación del clima mediante el almacenamiento de carbono y agua en el suelo, y son fundamentales para la conservación *in situ* de recursos genéticos vegetales (FAO, 2018). Sin embargo, la expansión demográfica y el avance del cambio climático están generando una presión creciente sobre estos ecosistemas, especialmente en regiones áridas y semiáridas, donde su resiliencia se ve comprometida por la sobreexplotación, la degradación del suelo y las alteraciones en los patrones de precipitación y temperatura (Melado, 2019).

En respuesta a estos desafíos, diversos expertos han propuesto estrategias de manejo sostenible para preservar y mejorar la productividad de los pastizales. Por ejemplo, Melado (2019) destaca en su manual práctico la importancia de técnicas como el pastoreo rotacional, la siembra de especies forrajeras adaptadas al clima local y la conservación de la cobertura vegetal para prevenir la erosión del suelo.

Asimismo, estudios recientes como el de Guamán (2023) publicados en la revista *Smart Agricultural Technology* analizan el potencial de las tecnologías de agricultura de precisión para mejorar la salud, el bienestar y la productividad de los rumiantes en sistemas de pastoreo, utilizando sensores, inteligencia artificial y monitoreo remoto para una gestión más eficiente del forraje y del recurso hídrico.

Además, la implementación de sistemas silvopastoriles, que combinan árboles, pastos y ganado en un mismo espacio, ha demostrado ser efectiva para mejorar la calidad del suelo, aumentar la biodiversidad y proporcionar sombra y alimento adicional al ganado (UNCCD, 2023). Estas prácticas también contribuyen a la mitigación del cambio climático al aumentar el secuestro de carbono en el suelo.

En el contexto latinoamericano, iniciativas como la de la Hacienda San José en Colombia, documentada por Del Prado et al. (2020) han integrado prácticas de

agricultura regenerativa y silvopastoril, logrando reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero y regenerar miles de hectáreas de pastizales degradados, lo que demuestra que es posible producir de manera sostenible sin comprometer la rentabilidad.

### **Descripción del pasto *Brachiaria brizantha* cv. MG-4**

El pasto *Brachiaria brizantha* cv. MG-4 es una variedad forrajera de amplia adaptación, especialmente valorada en sistemas ganaderos tropicales y subtropicales por su alta producción de biomasa y resistencia a condiciones adversas. Según Sementes Pontal Brasil (2024), este cultivar tolera suelos ácidos y de baja fertilidad, resiste sequías prolongadas y presenta un vigoroso rebrote después de incendios y pastoreos intensos. Además, su capacidad de adaptación a altitudes de hasta 2.000 metros sobre el nivel del mar lo convierte en una excelente opción para diversas zonas agroecológicas (Sementes Paso Ita, 2024).

En relación a la producción de forraje de MG-4 de acuerdo a Maia et al. (2014) reportaron que este cultivar presentó altos rendimientos en sistemas de integración agrícola, especialmente tras cultivos de maíz, superando a otras variedades como Marandu y Piata en producción de biomasa en el segundo corte. Asimismo, Wambui et al. (2016) también confirmaron que MG-4 muestra buen desempeño en zonas semiáridas, lo que lo hace versátil en diferentes condiciones climáticas.

En cuanto a la calidad nutricional, Alvarenga, Mongelos y Huerta (2024) evaluaron la frecuencia y altura de corte en MG-4 y encontraron que cortes cada 50 días y a alturas de entre 10 y 20 cm maximizan la producción de forraje. Sin embargo, esta práctica reduce el contenido de proteína bruta, por lo que es importante balancear el tiempo de corte para mantener una adecuada calidad nutricional. Otros estudios en *Brachiaria decumbens*, especie cercana, evidencian que la proteína bruta a los 30 días de rebrote alcanza niveles entre 11,8% y 12,3%, mientras que la

digestibilidad de la materia seca es del 57,9% al 61,1% (Freitas et al., 2010). Estos valores tienden a disminuir significativamente a medida que se alarga el intervalo entre cortes, lo que sugiere que para MG-4 se obtendría un comportamiento similar.

Goes et al. (2013) demostraron que la fibra detergente neutra (FDN) y la fibra detergente ácida (FDA) aumentan con el tiempo, mientras que la proteína bruta disminuye, lo que respalda la recomendación de realizar cortes cada 30 a 45 días para maximizar la calidad forrajera. Para mantener la producción y calidad del pasto MG-4, se recomienda un programa de fertilización adecuado. Pizarro y Hare (2010) indican que aplicaciones iniciales de NPK al momento de la siembra, complementadas con fertilización de mantenimiento basada en nitrógeno (30 kg/ha tras cada corte), favorecen la recuperación y calidad del forraje.

Adicionalmente, Aguilar et al. (2003) sugieren aplicar fertilización con DAP y urea, especialmente después de cada corte, para mejorar el crecimiento y contenido proteico. En suelos muy ácidos, se recomienda la aplicación de cal dolomítica para corregir el pH y aumentar la disponibilidad de nutrientes, optimizando así el rendimiento forrajero.

### **II.3. Definición de términos básicos**

**Adaptación climática en sistemas forrajeros:** Conjunto de prácticas, tecnologías y decisiones orientadas a modificar o ajustar los sistemas productivos con el fin de reducir los impactos negativos del cambio climático y aprovechar posibles oportunidades.

**Cambio climático:** Variación significativa y sostenida de los patrones climáticos globales o regionales, atribuida principalmente al aumento de gases de efecto invernadero generados por actividades humanas.

**Eficiencia fotosintética:** Capacidad de las plantas para transformar la energía solar en energía química mediante la fotosíntesis. Esta eficiencia depende de condiciones como la radiación solar, la temperatura, la disponibilidad de CO<sub>2</sub> y agua.

**Estrés hídrico:** Condición de déficit hídrico en la que las plantas no reciben suficiente agua para su desarrollo óptimo, lo cual afecta su crecimiento, productividad y supervivencia.

**Factores climáticos:** Elementos del clima como temperatura, precipitación, radiación solar, humedad relativa y viento, que influyen directa o indirectamente en el desarrollo de los pastos.

**Forrajes:** Material vegetal comestible por animales herbívoros, que incluye pastos, leguminosas, arbustos y residuos de cultivos, ya sea en estado fresco, seco o conservado (heno, ensilado).

**Pastos:** Plantas herbáceas, principalmente gramíneas, utilizadas para el pastoreo directo del ganado o para ser cosechadas y usadas como forraje.

**Productividad forrajera:** Cantidad de biomasa vegetal comestible producida por unidad de superficie en un período determinado, generalmente expresada en toneladas de materia seca por hectárea por año (t MS/ha/año).

**Resiliencia forrajera:** Capacidad de los pastizales y cultivos forrajeros para resistir, adaptarse y recuperarse frente a condiciones climáticas adversas, manteniendo su funcionalidad y productividad.

**Sostenibilidad agropecuaria:** Habilidad del sistema de producción animal para mantenerse productivo a lo largo del tiempo, asegurando la conservación de los recursos naturales, la protección ambiental y la seguridad alimentaria.

#### **II.4. Formulación de sistema de hipótesis**

La formulación de hipótesis constituye un elemento esencial en el proceso de investigación científica, ya que orienta la búsqueda de respuestas a problemas específicos mediante proposiciones que pueden ser verificadas empíricamente. Según Pájaro (2002), una hipótesis es una afirmación que establece una relación entre dos o más variables, la cual debe ser clara, precisa y susceptible de ser comprobada a través de la observación y el análisis de datos.

Un sistema de hipótesis es un conjunto de hipótesis relacionadas entre sí que se formula para explicar, predecir o comprender un fenómeno dentro de una investigación. Estas hipótesis no se presentan de forma aislada, sino que están estructuradas de manera lógica y jerárquica, lo que permite abordar diferentes aspectos del problema de investigación desde una perspectiva integral.

Según Hernández et al. (2014), un sistema de hipótesis “constituye una red lógica de suposiciones que establece relaciones entre variables y permite dirigir el estudio empírico, facilitando la comprobación o refutación de dichas relaciones”. Las hipótesis dentro de un sistema pueden incluir hipótesis generales, específicas, nulas y alternativas, dependiendo del diseño del estudio y el enfoque del investigador.

Este enfoque permite al investigador delimitar el estudio, seleccionar las variables pertinentes y establecer un marco metodológico adecuado para la recolección y análisis de la información. En el contexto de la investigación sobre el impacto de factores climáticos en la productividad de pastos y forrajes, la formulación de hipótesis facilita la identificación de relaciones causales y la evaluación de estrategias de manejo adaptativo en sistemas agropecuarios.

Hipótesis nula ( $H_0$ ): Es una afirmación que indica que no existe efecto o diferencia significativa entre los grupos o variables estudiadas. Su propósito es ser probada y posiblemente rechazada con base en la evidencia empírica. Según Hernández et al. (2014), la hipótesis nula "es una afirmación que niega o refuta la relación entre variables propuesta por la hipótesis de investigación o alternativa".

Hipótesis alternativa ( $H_1$  o  $H_a$ ): De acuerdo con Rodríguez, Breña y Esenarro (2021) es una proposición que afirma la existencia de una diferencia o efecto significativo, y representa lo que el investigador espera encontrar. Por lo tanto, la hipótesis alternativa plantea una relación o efecto real entre las variables, en contraposición a la hipótesis nula.

### Sistema de hipótesis

Hipótesis Nula (Ho): Los factores climáticos (temperatura, precipitación y radiación solar) no tienen efecto significativo sobre la productividad de pastos y forrajes en el clima tropical venezolano.

Hipótesis Alternativa (Ha): Los factores climáticos (temperatura, precipitación y radiación solar) tienen un efecto significativo sobre la productividad de pastos y forrajes en el clima tropical venezolano.

## **II.5. Formulación del sistema de variables**

La formulación del sistema de variables constituye una etapa fundamental en el diseño metodológico de una investigación, ya que permite traducir los objetivos del estudio en elementos observables y medibles. Según Arias (2012), las variables representan propiedades que pueden medirse en los sujetos u objetos de estudio, y su correcta definición es esencial para garantizar la validez de los resultados. A través de esta formulación, se identifican, definen y clasifican las variables clave que orientan el proceso de recolección y análisis de datos, facilitando así la comprensión del fenómeno investigado.

En este sentido, el sistema de variables actúa como un puente entre el planteamiento teórico del problema y la metodología aplicada, asegurando coherencia, claridad y rigurosidad en el desarrollo del estudio. Su adecuada estructuración no solo contribuye a delimitar el alcance de la investigación, sino que también permite establecer relaciones lógicas entre los componentes del problema, facilitando la interpretación de los resultados y su vinculación con los objetivos planteados (Hernández et al., 2014).

## **II.6. Operacionalización de variables**

La operacionalización de variables representa un paso fundamental en el diseño metodológico de una investigación, ya que permite traducir conceptos teóricos en

elementos concretos y medibles, facilitando así su evaluación empírica (Hernández et al., 2014). En el caso del estudio sobre el Impacto de factores climáticos en la productividad del pasto *Brachiaria Brizanta* (MG4) para la alimentación animal: Hato el Corralito, Cojedes, este proceso resulta esencial para establecer cómo se medirán variables como la precipitación, temperatura, humedad relativa y su relación con el rendimiento del pasto. Además, a través de la definición precisa de dimensiones e indicadores, la operacionalización posibilita evaluar de manera sistemática las condiciones agroclimáticas y su influencia en la producción de biomasa, garantizando la coherencia entre el marco teórico y el análisis de datos. Esto permite generar resultados confiables que pudieran orientar para elaborar estrategias de manejo y adaptación en sistemas ganaderos frente al cambio climático. En la tabla 1 se detalla la operacionalización de la variable.

**Tabla 1. Operacionalización de la variable**

Variable	Dimensión	Indicadores	Recolección de Datos	Escala de Medición
<b>Factores climáticos</b> (Variable independiente)	Precipitación	Cantidad de lluvia (mm/mes)	Revisión de datos meteorológicos (INAMEH, estaciones locales)	Registro pluviométrico - Estación meteorológica
	Temperatura	Temperatura media, máxima y mínima (°C)		Termómetro digital -Reportes meteorológicos
	Humedad relativa	Porcentaje de humedad en el ambiente (%)		Higrómetro - Estación meteorológica
	Radiación solar	Horas de sol/día (W/m <sup>2</sup> )		Piranómetro / Datos satelitales
<b>Productividad del pasto</b> (Variable dependiente)	Rendimiento del pasto	Producción de biomasa (kg/MS/ha)	Muestreo de campo	Balanza - Cuadrantes de muestreo
	Cobertura vegetal	Porcentaje de cobertura del suelo por el pasto (%)	Observación	Fotografía aérea - Análisis visual
	Calidad del pasto	Contenido nutricional (proteína, fibra, humedad)	Análisis de laboratorio	Resultados de laboratorio

Fuente:

Propia

(2025)

## **CAPITULO III**

### **III. MARCO METODOLÓGICO**

El marco metodológico constituye una fase esencial de la investigación, ya que describe el enfoque, los métodos y las técnicas que orientan la recolección, análisis e interpretación de los datos, permitiendo dar respuesta a los objetivos planteados (Hernández et al., 2014). En el estudio sobre el Impacto de factores climáticos en la productividad del pasto *Brachiaria Brizanta* (MG4) para la alimentación animal: Hato el Corralito, Cojedes. este apartado contempla el tipo y nivel de investigación, el diseño metodológico, la población y muestra, así como las técnicas e instrumentos empleados. La finalidad es garantizar la rigurosidad científica del proceso investigativo y asegurar la validez de los resultados obtenidos en relación con las variables climáticas y su influencia sobre la producción del pasto

#### **III.1. Paradigma de la investigación**

Esta investigación está sustentada bajo el paradigma positivista y según Hernández, et al. (2014), sustenta a la investigación que tenga como objetivo comprobar una hipótesis por medios estadísticos o determinar los parámetros de una determinada variable mediante la expresión numérica.

#### **III.2. Enfoque de la investigación**

En cuanto al enfoque de la investigación, este es cuantitativo, dado que se trabaja con datos numéricos derivados de valores reales. Según lo señalado por Hernández et al. (2014), el enfoque cuantitativo se caracteriza por la recolección de información con el propósito de probar hipótesis, a partir de mediciones y análisis estadísticos que permiten identificar patrones y contrastar teorías.

En concordancia con ello, el estudio adopta dicho enfoque al fundamentarse en el análisis de registros climáticos, productivos y zootécnicos del Hato El Corralito, lo que permite establecer relaciones objetivas entre variables mediante procedimientos

estadísticos, con el propósito de determinar el impacto de los factores climáticos sobre la productividad de los pastos.

### **III.3. Diseño de la investigación**

Se adopta un diseño de investigación no experimental, dado que no se manipulan intencionalmente las variables independientes, sino que se observan tal como ocurren en su entorno natural. Según Hernández et al. (2014), este tipo de diseño es adecuado cuando el investigador no tiene control directo sobre las variables y se limita a observar los fenómenos en su contexto original para analizarlos posteriormente.

La investigación es también de tipo documental y de campo, en este sentido, para Arias (2012), el diseño documental se caracteriza por la recolección, análisis e interpretación de información proveniente de documentos impresos o digitales, como registros institucionales, informes técnicos, bases de datos y fuentes bibliográficas. En este caso, se revisarán registros climáticos, productivos y zootécnicos del Hato El Corralito. Por su parte, el diseño de campo implica la obtención directa de datos en el lugar donde ocurren los hechos, permitiendo observar condiciones actuales y validar la información documental mediante visitas y recorridos en las áreas de producción.

Asimismo, el estudio es de tipo longitudinal retrospectivo, ya que se analizarán datos correspondientes a los últimos cinco años, permitiendo estudiar la evolución y comportamiento de las variables a lo largo del tiempo. Rodríguez et al. (2021) explican que los estudios longitudinales observan a lo largo de un período temporal prolongado a los mismos sujetos o unidades de análisis, lo que permite identificar tendencias, relaciones o efectos acumulativos entre variables.

### **III. 4. Nivel de la investigación**

El presente estudio se ubica en el nivel descriptivo y correlacional. Por un lado, es descriptivo porque se orienta a caracterizar los factores climáticos (precipitación, temperatura, humedad relativa, entre otros) y a determinar el rendimiento del pasto MG4 en el Hato El Corralito. Según Balestrini (2006), este tipo de investigación

busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice, permitiendo ofrecer una visión detallada y sistemática de las variables objeto de estudio.

Por otro lado, el estudio adquiere un nivel correlacional, ya que busca establecer relaciones entre variables, específicamente entre las condiciones climáticas y la productividad del pasto MG4. De acuerdo con Hernández et al. (2014), las investigaciones correlacionales “tienen como propósito medir el grado de relación entre dos o más conceptos o variables en un contexto determinado”. En este caso, se aplicarán técnicas estadísticas para identificar la existencia y fuerza de dichas relaciones. Es importante destacar que este nivel de investigación permite no solo describir fenómenos, sino también entender cómo se vinculan entre sí, lo cual resulta clave para la toma de decisiones en la gestión productiva del hato.

### **III.5. Población y muestra**

La población de este estudio está conformada por el conjunto de registros disponibles en el Hato El Corralito, ubicado en el estado Cojedes, correspondientes al período de los últimos cinco años (2018-2023). Estos incluyen datos meteorológicos (precipitación, temperatura y humedad relativa), así como registros productivos relacionados con el rendimiento del pasto Brachiaria Brizantha MG4. Dado el carácter específico de la investigación y el acceso delimitado a una fuente concreta de información, se utiliza un muestreo no probabilístico, de tipo intencional o dirigido. Según Hernández et al. (2014), este tipo de muestreo se basa en la selección deliberada de unidades de análisis que cumplen con ciertas características relevantes para los objetivos del estudio. En este caso, se seleccionan exclusivamente aquellos registros que presenten continuidad, confiabilidad y representatividad durante el período de estudio.

La muestra estará constituida por los datos climáticos mensuales registrados entre 2018 y 2023, además de registros de rendimiento del pasto MG4 (expresados en kg

de materia seca por hectárea), la cual será proporcionada por la unidad de producción bajo estudio. Es importante destacar que esta muestra permitirá establecer relaciones significativas entre las variables climáticas y la productividad del pasto MG4, en concordancia con los objetivos planteados.

### **III. 6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Arias (2012) sostiene que esta etapa del proceso investigativo se refiere esencialmente a las diversas modalidades existentes para recolectar la información necesaria que permita dar respuesta a los objetivos planteados en el estudio. En el caso particular de esta investigación titulada el Impacto de factores climáticos en la productividad del pasto *Brachiaria Brizanta* (MG4) para la alimentación animal: Hato el Corralito, Cojedes, se empleará la técnica de observación directa, entendida, según el mismo autor, como un procedimiento mediante el cual el investigador percibe de manera sistemática, a través del sentido de la vista, una serie de hechos, comportamientos o situaciones que ocurren en un contexto natural o social, con base en propósitos investigativos previamente definidos. Por tanto, la aplicación de esta técnica se ajustará rigurosamente a los criterios y parámetros establecidos para su ejecución, a fin de garantizar la validez y confiabilidad de la información obtenida.

En este sentido, se realizará la observación directa en las áreas de pastoreo y producción del Hato El Corralito, donde se documentarán aspectos relacionados con la variabilidad climática y su efecto en el crecimiento, cobertura, coloración, densidad y estado fitosanitario del pasto *Brachiaria Brizanta* (MG4). También se observarán cambios visibles asociados a condiciones meteorológicas como precipitaciones, temperaturas extremas, períodos de sequía o exceso de humedad. Esta observación se efectuará mediante una guía estructurada que incluirá indicadores específicos como altura del pasto, presencia de malezas, signos de marchitez, o niveles de regeneración tras el pastoreo, con el propósito de correlacionar dichos aspectos con los registros climáticos disponibles. Esta metodología permitirá interpretar de forma objetiva

cómo los factores climáticos inciden en la disponibilidad y calidad del alimento para el ganado.

### **Descripción de los procedimientos**

**Para la caracterización de los principales factores climáticos (precipitación, temperatura, humedad relativa, entre otros) en el Hato El Corralito, se aplicaron los siguientes procedimientos metodológicos:**

Delimitación del área de estudio: geográficamente el Hato Corralito está situado en el sector El Barbasco, en la carretera hacia El Baúl del estado Cojedes, constituye una importante unidad de producción agropecuaria especializada en la explotación ganadera. Originalmente orientado a la ganadería bovina de doble propósito (producción de leche y carne), con el transcurso del tiempo ha experimentado una transformación significativa en su sistema productivo, migrando hacia un modelo predominantemente bufalino. Actualmente, alrededor del 80 % de su actividad ganadera está centrada en la cría y el manejo de búfalos de doble propósito, con énfasis tanto en el ordeño como en la producción de animales para faena.

El hato se extiende sobre una superficie aproximada de 12.893 hectáreas, de las cuales cerca de 3.000 están destinadas a conservación ecológica como reserva natural, lo que contribuye a la protección de la biodiversidad local. Asimismo, 4.000 hectáreas de potrero, y 1.000 a la producción agrícola y su infraestructura pecuaria alberga un rebaño mixto que ronda los 6.000 ejemplares, entre búfalos, bovinos y equinos, lo que evidencia su carácter multifuncional. Este sistema productivo se desarrolla en un entorno privilegiado, con una notable riqueza en flora y fauna silvestre, lo que hace de Hato Corralito no solo un centro de producción animal, sino también un espacio con potencial para la conservación ambiental y la investigación agroecológica.

De acuerdo al análisis de suelo, predominan las texturas franco arenosas, lo que indica que son suelos con poca fertilidad, el pH es de 5.5, por lo cual predomina la acidez. Por ser de textura arenosa, tiene poca capacidad de retener humedad.

Para la recolección de datos climatológicos históricos y actuales se consultaron registros climáticos provenientes de estaciones meteorológicas oficiales cercanas (INAMEH, IDEC o estaciones locales), abarcando un período de 10 años (2014 hasta 2022). Además, se cuenta con la estación meteorológica de la unidad productiva bajo estudio.

En cuanto a las variables climáticas se evaluó la cantidad y distribución anual de la precipitación (mm), identificando períodos secos y lluviosos. Asimismo, de la temperatura (°C), se analizaron las máximas, mínimas y medias. Además, de la humedad relativa (%) se estudiará la variabilidad anual.

Los datos se organizaron en tablas y procesados con herramientas estadísticas y software especializado (como Excel) para calcular promedios. Además, se elaboraron gráficos y series temporales para facilitar la visualización e interpretación de los patrones climáticos.

Finalmente, se interpretaron los resultados en función de su impacto potencial sobre las actividades agropecuarias desarrolladas en el Hato El Corralito, considerando los requerimientos hídricos de cultivos o especies animales presentes, así como la influencia del clima en la productividad, sanidad y manejo de los sistemas productivos.

### **Descripción de los procedimientos para determinar el rendimiento del pasto *Brachiaria Brizantha MG4* en las áreas de producción del Hato El Corralito**

Con el propósito de evaluar el rendimiento del pasto *Brachiaria Brizantha MG4* en las áreas de producción del Hato El Corralito, se llevará a cabo una secuencia de procedimientos técnicos y metodológicos que permitieron cuantificar de forma precisa la biomasa producida por unidad de superficie, estos procedimientos técnicos están basados en metodologías ampliamente utilizadas en estudios de evaluación forrajera propuestos por Costa, Aparecida, Silva, Batista y Pellegrin (2002) y Argel, Durán, y Franco (1993).

Se identificaron las principales áreas destinadas a la producción de pasto dentro del hato. Estas áreas se dividieron en unidades homogéneas según el tipo de pastura, manejo agronómico, topografía y uso anterior. En cada unidad, se seleccionarán parcelas de muestreo representativas mediante un diseño aleatorio o sistemático, conforme a lo propuesto por Nava et al. (2018). Para la presente investigación se trabajó con el pasto *Brachiaria brizantha*. Se realizaron 5 submuestras por cada potrero, se trabajó con 4 potreros.

Se aplicó el método de corte al ras en cuadros de muestreo de 1 m<sup>2</sup>, distribuidos aleatoriamente en cada unidad de muestreo. El Pasto dentro de cada cuadro fue cortado a una altura uniforme (10 cm del suelo), recolectado y pesado en fresco utilizando una balanza de campo, siguiendo los protocolos de Nava et al. (2018). El material cosechado se pesó en verde y luego se secó en horno a 65 °C durante 48 horas para obtener la producción de materia seca por metro cuadrado, que luego se extrapoló a hectáreas (Ferguson, 1984; Noreña Grisales, s.f.). Se muestreó cuando el pasto tenía la etapa óptima de rebrote (30-45 días), cuando alcanzó entre 60 y 80 cm. Las mediciones se realizaron en diferentes épocas del año (época seca y lluviosa) para estimar la variabilidad estacional del rendimiento del pasto

En relación a la cobertura del pasto, es un indicador importante para determinar el establecimiento y persistencia de una especie forrajera, el método utilizado fue el visual propuesto por Nava et al. (2018). Los datos recolectados serán organizados en hojas de cálculo, donde se calcularán promedios y desviaciones estándar. Adicionalmente, se elaboraron gráficos comparativos del rendimiento entre áreas, especies forrajeras y estaciones del año.

### **Relación entre las variables climáticas y la producción de pasto *Brachiaria Brizantha*,**

Para analizar la influencia de las variables climáticas sobre la productividad del pasto MG4 en el Hato El Corralito, se desarrolló un procedimiento metodológico que integra el análisis de datos meteorológicos y de rendimiento del pasto, mediante técnicas estadísticas descriptiva. Este procedimiento se fundamenta en metodologías

empleadas por autores como Febles, Ruiz y Baños (2009) y Nava et al. (2018), quienes destacan la importancia de correlacionar condiciones ambientales con la producción de biomasa.

Una vez obtenidos los registros mensuales y anuales de variables como precipitación, temperatura media, temperatura máxima y mínima, humedad relativa, a través de estaciones meteorológicas locales o bases de datos climáticas confiables (INAMEH) y recolectados los datos del rendimiento del pasto expresados en toneladas de materia seca por hectárea (t MS/ha), en los mismos períodos de análisis, se organizarán por especies, área y época de evaluación.

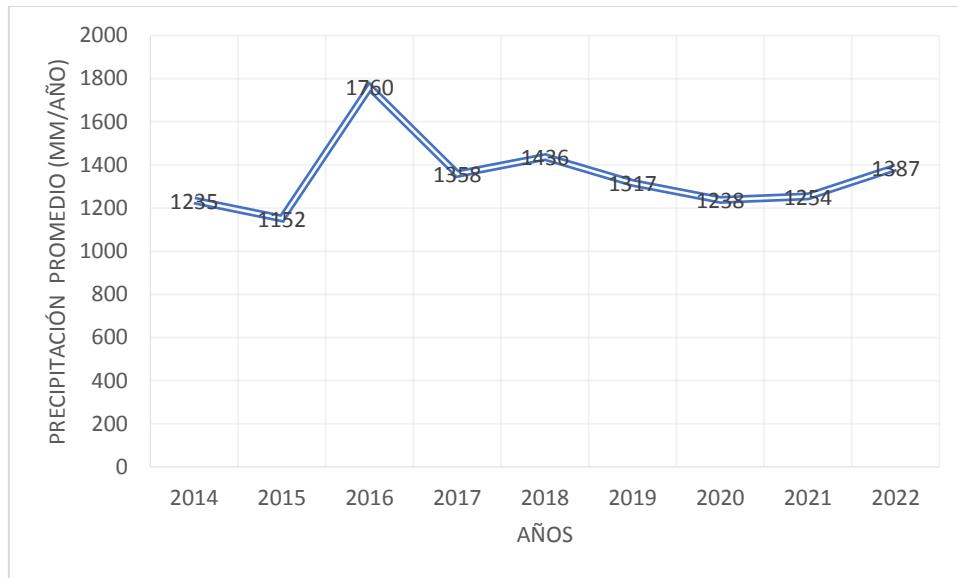
Para garantizar la consistencia del análisis, se establecerá una base de datos integrada que agrupe los valores climáticos promedio mensual y los rendimientos del pasto correspondientes al mismo período, permitiendo así una comparación válida. Esto permitirá identificar patrones generales y detectar posibles valores atípicos. Finalmente, se elaborarán gráficos de líneas para visualizar la relación entre las variables bajo estudio.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

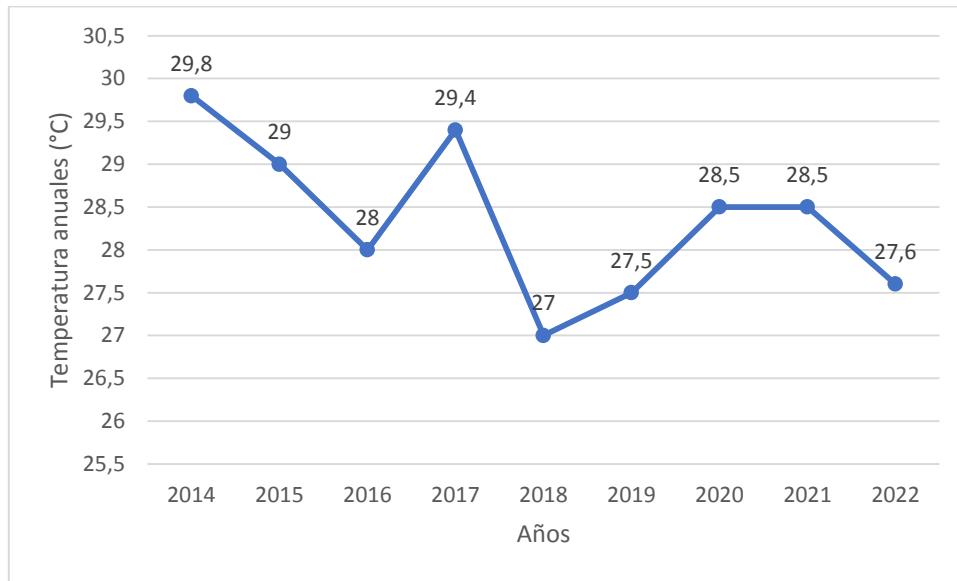
**Caracterizar los principales factores climáticos (precipitación, temperatura, humedad relativa, entre otros) en el Hato El Corralito durante el período de estudio.**

Se evidencia que durante el período comprendido entre los años 2014 y 2022, existen variaciones significativas en los parámetros climáticos evaluados, tales como la precipitación, la temperatura media, la humedad relativa y la radiación. En relación a la precipitación, el promedio anual registrado fue de aproximadamente 1348,56 mm/año, con un comportamiento fluctuante a lo largo del tiempo (figura 1). El año más lluvioso fue 2016, con 1760 mm/año y una precipitación mensual de 146,7 mm, mientras que el año más seco fue 2015, con apenas 1152 mm/año y 96 mm/mes. Estos cambios indican la influencia de fenómenos climáticos interanuales que pueden estar asociados a eventos como El Niño o La Niña.

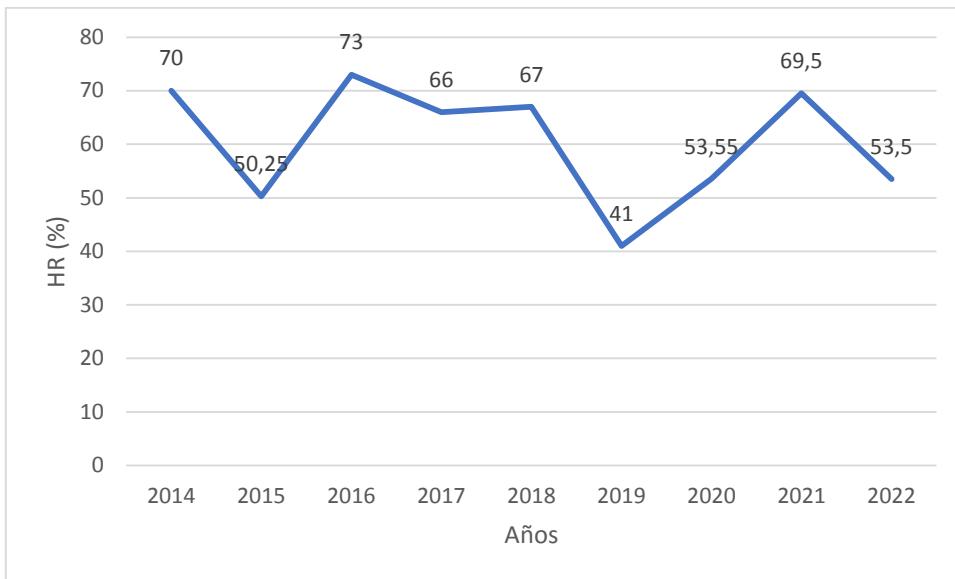


**Figura 1.** Promedio de precipitación (mm/año)

En cuanto a la temperatura media (figura 2), se mantuvo relativamente estable con un promedio de 28,37 °C, aunque se evidencian ligeras oscilaciones entre un máximo de 29,8 °C en 2014 y un mínimo de 27 °C en 2018. Esta disminución progresiva en algunos años puede estar vinculada a aumentos en la cobertura nubosa o mayor humedad ambiental. Por su parte, la humedad relativa (figura 3) mostró mayor variabilidad, alcanzando su punto más alto en 2016 con 73%, coincidiendo con el año de mayor precipitación, mientras que la humedad más baja se presentó en 2019 con apenas 41%, lo que indica condiciones más secas y posiblemente más soleadas.



**Figura 2.** Promedio de temperatura (°C/año)



**Figura 3. Promedio de Humedad Relativa (%)**

La radiación, con un promedio general de 2,32 unidades (MJ/m<sup>2</sup>/día), mostró una ligera tendencia a la disminución en los últimos años, siendo más alta en 2014, 2015 y 2019 con un valor de 3 y descendiendo progresivamente hasta 1,9 en 2022 (figura 4). Esta reducción puede estar asociada a un aumento en la nubosidad o cambios en la dinámica atmosférica local. Los datos reflejan que existe una correlación directa entre años de baja precipitación, baja humedad relativa y mayor radiación, como se observa especialmente en 2015 y 2019, donde las condiciones fueron más secas y con mayor exposición solar.

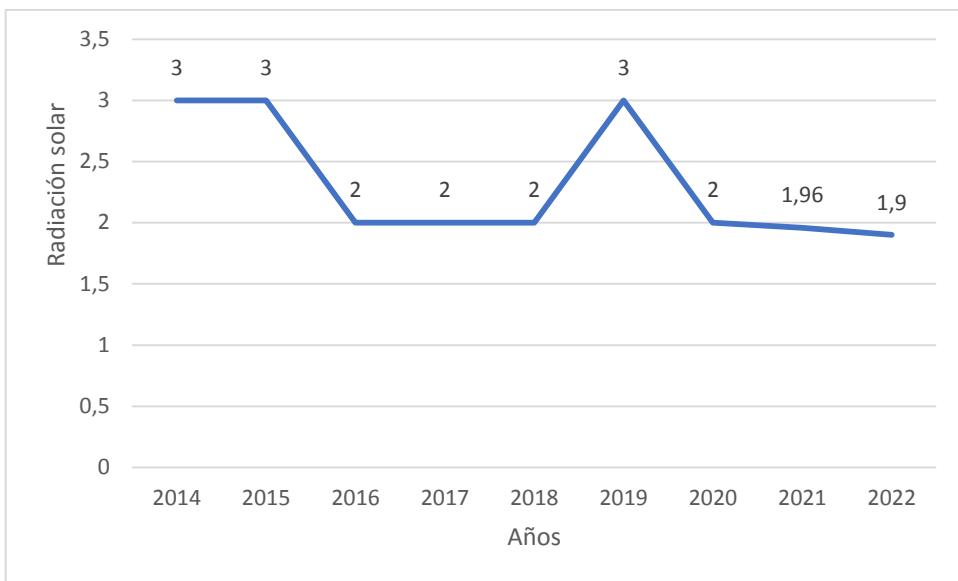


Figura 4. Promedio de Radiación solar (MJ/m<sup>2</sup>/año)

El comportamiento climático en un periodo de 10 años se caracterizó por fluctuaciones interanuales que afectan de manera simultánea la precipitación, la humedad, la temperatura y la radiación. Estos datos son útiles para evaluar tendencias climáticas locales y para la planificación de actividades agrícolas y de manejo ambiental.

El comportamiento de estas variables muestra una interrelación climática típica de zonas tropicales o de transición, donde la mayor precipitación está asociada con mayor humedad, menor temperatura y menor radiación solar, posiblemente por el aumento de nubosidad. Los años secos y con menos humedad tienden a presentar mayor radiación y temperaturas más elevadas.

Los resultados obtenidos en este estudio son consistentes con los patrones climáticos ampliamente documentados en zonas tropicales y de transición. Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2021), en las regiones tropicales, los períodos de mayor precipitación suelen estar asociados con un aumento de la humedad relativa, disminución de la temperatura y reducción de la radiación solar, debido a la mayor cobertura nubosa que limita la entrada de radiación directa.

Este comportamiento climático también ha sido descrito por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 1998), quienes señalan que en condiciones de alta humedad y nubosidad se produce una menor evapotranspiración y una reducción del rango térmico diurno, ya que las nubes moderan tanto el calentamiento diurno como el enfriamiento nocturno. Además, la FAO resalta que la relación entre temperatura, humedad y radiación solar es clave para comprender el balance hidrotérmico de los ecosistemas agrícolas.

Por otra parte, el IPCC (2021) advierte que los años con menor precipitación y menor humedad relativa tienden a presentar cielos más despejados, lo que incrementa la radiación solar incidente y provoca temperaturas más elevadas, tal como se evidenció en los años secos analizados en este estudio. Estas correlaciones son coherentes con la dinámica física y climática de las zonas tropicales, donde la interacción entre nubosidad, precipitación, humedad y radiación solar genera ciclos climáticos claramente diferenciados entre períodos húmedos y secos (IPCC, 2021; FAO, 1998).

### **Rendimiento del pasto *Brachiaria brizantha MG4* en las áreas de producción del hato.**

El hato El Corralito, presenta condiciones edafoclimáticas caracterizadas por un suelo franco arenoso y pH bajo, por lo que se espera que el rendimiento del pasto *Brachiaria brizantha* sea significativamente influenciado por la época del año. En la tabla 2 se evidencia que, durante la época de lluvia, alcanzó una producción promedio de materia seca de 1 980 kg MS/ha/mes, debido a la mayor disponibilidad de agua y la capacidad de rebrote favorecida por la humedad, aunado a una fertilización. Resultados similares fueron reportados por Suárez et al. (2020), quienes encontraron que *Brachiaria brizantha* puede superar los 2000 kg MS/ha/mes en suelos con textura arenosa y bajo pH, cuando se presentan precipitaciones adecuadas.

En contraste, durante la época seca, las restricciones hídricas y la baja capacidad de retención de humedad del suelo franco arenoso redujeron la producción a 970 kg MS/ha/mes (tabla 2), lo cual coincide con lo reportado por Reyes et al. (2022),

quienes observaron disminuciones de hasta un 50 % en la materia seca en pasturas similares bajo estrés hídrico.

En cuanto al resultado del análisis bromatológico, en la tabla 2 se observan los valores obtenidos en los dos períodos de muestreo, durante la época lluviosa, la *Brachiaria brizantha* muestra niveles de proteína cruda entre 10,2 %, con una fibra detergente neutra (FDN) alrededor de 60 % y una digestibilidad de 54,9 %. Sin embargo, en la época seca, la proteína cruda disminuye a 7,1%, mientras que la FDN se incrementa a 62%, lo que se traduce en una digestibilidad más baja, alcanzando valores de 45%.

**Tabla 2.** Materia seca y análisis bromatológico del *Brachiaria brizantha* bajo dos períodos (seco y lluvia)

Parámetro	Periodo de lluvia	Periodo seco
Matera seca (kgMS/ha/mes)	1980	970
Proteína cruda (%)	10,2	7,1
FDN (%)	60	62
Digestibilidad (%)	54,9	45

**Fuente:** Propia (2025)

Respecto a la calidad del forraje, los resultados del hato El Corralito (proteína cruda entre 10,2 % en época lluviosa y 7,1 % en época seca) coinciden con los valores encontrados por Solís et al. (2021), quienes evaluaron *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, reportando proteína cruda entre 11–13 % en época lluviosa y 7–8 % en época seca. La coincidencia puede explicarse por el comportamiento fisiológico de la planta, que responde de manera similar al ciclo estacional en diferentes ambientes tropicales.

Sin embargo, estudios como los de Jank et al. (2021) reportaron niveles de proteína de hasta 14 % en época lluviosa cuando se aplicaron estrategias de fertilización con nitrógeno y corrección de acidez, lo cual supera los resultados esperados en El Corralito. Esto evidencia que el bajo pH y la posible carencia de fertilización nitrogenada en el hato podrían estar limitando el potencial nutricional del pasto bajo estudio. En este sentido, Bonifaz et al. (2018) asevera que el valor nutritivo

del pasto está en función del manejo de que se le da y además de acuerdo a la relación de la estructura tallo-hoja. La planta en su totalidad tiene un 10,14% de proteína cruda de elevada digestibilidad que varía de 50 - 60%.

Además, Silva (2009), realizó un experimento donde encontró que pastos promisorios de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú, a los 30 días de edad presentó una altura de 50 cm, con un rendimiento de materia verde de 24.67 t/ha-1 a los 65 días, las características climáticas en la zona fueron en precipitaciones promedio de 5000 mm y temperatura entre 18 y 22 °C, lo que indica que el recurso agua es fundamental para el crecimiento de los pastos.

En cuanto a la fibra detergente neutra (FDN), el valor estimado en época lluviosa (60%) es similar al reportado por Reyes et al. (2022), quienes indican que estos niveles son típicos en *Brachiaria brizantha* en suelos ácidos sin manejo intensivo. La digestibilidad observada (54,9 % en lluvias y 45 % en sequía) también se mantiene dentro de los rangos reportados por Navas et al. (2018), los que enfatizan que el estrés hídrico y la maduración del pasto en época seca reducen significativamente la digestibilidad del forraje. En este orden de ideas, Wilson y Minson, 1983; Ball et al., 2001 citados por Nava et al. (2018), aseveran que la digestibilidad del forraje disminuye con el incremento de la temperatura y maduración de la planta, ya que la relación hoja/tallo se afecta y el tejido senescente incrementa. Por ello, la digestibilidad del forraje tiende a ser mayor en invierno y a reducirse gradualmente hacia la primavera y verano.

Todos los estudios coinciden en que las variaciones extremas de precipitación asociadas al cambio climático amplifican las diferencias en rendimiento y calidad entre las épocas del año. En este orden de ideas, Navas et al. (2018) subrayan que el incremento de sequías prolongadas está afectando la estabilidad de los pastos tropicales, recomendando la adopción de sistemas silvopastoriles como estrategia de adaptación. Esta recomendación coincide con las propuestas de Solís et al. (2021), quienes demostraron que la inclusión de árboles en los sistemas de pastoreo puede mejorar la calidad forrajera durante la época seca hasta en un 2 % adicional de proteína cruda. Por lo tanto, en la unidad de producción bajo estudio, la ausencia de

estrategias como el encalado, la fertilización y la implementación de sistemas silvopastoriles puede explicar las ligeras diferencias observadas frente a los estudios que reportan rendimientos y calidades superiores bajo mejores condiciones de manejo.

Además, Álvarez (2019) asevera que las fluctuaciones climáticas registradas en diversas regiones tienen su impacto directo en la actividad agropecuaria, aunque de manera diferenciada. En climas templados, como producto del calentamiento global, se espera que aumente el periodo para la producción de pastos, aunque con una disminución y variabilidad en la calidad del forraje, debido a los cambios que sufrirán los patrones de precipitación en esas regiones. Por su parte, en las zonas tropicales se prevé que el impacto no sea similar para todos los cultivos; algunos tendrán afectaciones en el rendimiento; mientras que otros alcanzarán mejores resultados.

En cuanto a la cobertura de suelo, se observó que el pasto *Brachiaria brizantha* cv. MG-4 alcanzó un promedio de cobertura del 70%. Este resultado es inferior al reportado por Guiot y Meléndez (2003) quienes, al evaluar el comportamiento del pasto Mulato I en comparación con otros híbridos, obtuvieron una cobertura de suelo de 85,3% a los cuatro meses después del establecimiento, con plantas que alcanzaron una altura promedio de 73,5 cm. Esta diferencia podría estar relacionada con las condiciones edafoclimáticas, el manejo agronómico y la adaptación específica de cada cultivar a los ambientes donde fueron evaluados. Es importante destacar que la zona bajo estudio presenta suelos franco arenosos, con un 66% de arena, lo cual indica baja fertilidad y poca retención de agua.

En este orden de ideas, investigaciones como las de Pizarro et al. (2015), confirman que los híbridos de *Brachiaria* tienden a mostrar una cobertura de suelo superior al 80% bajo condiciones óptimas de manejo y en suelos bien drenados, especialmente cuando se utilizan variedades con alta capacidad de rebrote y expansión vegetativa. Por su parte, Valle (2020) evaluó el desempeño de *Brachiaria brizantha* cv. MG-4 en zonas tropicales húmedas y reportó coberturas que oscilan entre el 68% y 75% a los cuatro meses de crecimiento, resultados que se aproximan a

los obtenidos en este estudio y sugieren que el comportamiento de esta variedad es más lento en la cobertura inicial en comparación con híbridos como Mulato I.

En este sentido, se evidencia que la cobertura de suelo alcanzada por el pasto *Brachiaria brizantha* cv. MG-4 en el presente estudio es consistente con lo reportado por Nava et al. (2018), pero difiere de los valores más elevados obtenidos por Guiot y Meléndez (2003) y Pizarro et al. (2015) en híbridos de mayor agresividad de expansión y cobertura. Estos contrastes resaltan la importancia de seleccionar el cultivar más adecuado según las condiciones locales de suelo, precipitación y prácticas de manejo, ya que el potencial de cobertura puede variar significativamente entre especies y ambientes.

#### **Relación de las Variables Climáticas y la Producción de pasto *Brachiaria brizantha* en el Hato El Corralito**

El análisis de las condiciones climáticas registradas en la región durante el periodo 2014–2022 permite establecer una relación directa con el rendimiento y la calidad bromatológica del *Brachiaria brizantha* evaluado en la finca El Corralito. La producción del pasto está fuertemente influenciada por la precipitación, la temperatura media, la humedad relativa y la radiación solar, variables que condicionan tanto la cantidad de materia seca disponible como los parámetros de calidad del forraje.

En la finca El Corralito, durante la época de lluvias se obtuvo un rendimiento promedio de 1 980 kg MS/ha/mes, mientras que en la época seca este rendimiento se redujo a 970 kg MS/ha/mes. Esta tendencia se correlaciona con los años de mayores precipitaciones en la región, como 2016 (1 760 mm/año) y 2018 (1 436 mm/año) (tabla 3), donde la mayor disponibilidad de agua favorece el crecimiento del pasto y, por ende, incrementa la producción de biomasa. En este sentido, Reyes et al. (2020) reportaron resultados similares, indicando que, en años lluviosos, *Brachiaria brizantha* puede superar los 2 000 kg MS/ha/mes en suelos de baja fertilidad cuando las precipitaciones son adecuadas. En contraste, los años con menor precipitación anual, como 2015 (1 152 mm/año, 32 mm/mes) y 2019 (1 317 mm/año, 17,8

mm/mes), se asocian con condiciones menos favorables para el crecimiento forrajero, situación que coincide con el rendimiento registrado en la época seca de El Corralito (970 kg MS/ha/mes), valor que también fue reportado por Sánchez et al. (2019) bajo condiciones de sequía.

**Tabla 3.** Promedio de precipitación (mm/mes) en los meses secos y los meses lluviosos durante 10 años.

Año	Promedio Meses Secos (mm/mes)	Promedio Meses Lluviosos (mm/mes)
2014	28,33	177,50
2015	32,33	159,67
2016	66,17	227,17
2017	43,00	183,33
2018	36,33	203,00
2019	17,83	201,67
2020	40,83	165,50
2021	33,50	175,50
2022	42,50	188,67

**Fuente:** Propia (2025)

En cuanto a la calidad del forraje, se evidenció que durante la época de lluvias la proteína cruda alcanzó 10,2 %, la fibra detergente neutra (FDN) fue de 60 % y la digestibilidad se ubicó en 54,9 %. Por su parte, durante la época seca, la proteína cruda disminuyó a 7,1 %, la FDN aumentó a 62 %, y la digestibilidad descendió a 45 %. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Solís et al. (2021), quienes observaron que la calidad nutricional del *Brachiaria brizantha* mejora en épocas de mayor humedad, mientras que, en la estación seca, debido al estrés hídrico y al aumento de la lignificación, se reduce la calidad del forraje.

Al comparar los registros climáticos con los resultados bromatológicos de la finca, se observa que los años con mayores temperaturas medias y menores humedades relativas, como 2015 (29 °C y 50,25 % HR) y 2019 (27,5 °C y 41 % HR), coinciden

con condiciones que favorecen la reducción de la proteína cruda y la digestibilidad, mientras que incrementan la proporción de fibra. Estos efectos son consistentes con lo descrito por Jank et al. (2021), quienes afirman que las altas temperaturas y la baja humedad relativa aceleran la maduración de los tejidos vegetales y promueven la formación de estructuras fibrosas más resistentes, lo que afecta la calidad nutricional del forraje.

Por otro lado, en años con mayor humedad relativa y menor radiación, como 2016 y 2021, la calidad forrajera tiende a mejorar debido a una menor tasa de lignificación. La radiación solar también juega un papel importante, ya que los años con mayor radiación, como 2014, 2015 y 2019 (3 MJ/m<sup>2</sup>/día), contribuyen a un mayor estrés ambiental, mientras que años con menor radiación, como 2021 y 2022 (1,96 y 1,9 MJ/m<sup>2</sup>/día), proporcionan condiciones más favorables para conservar la calidad nutricional del pasto.

Los años con mayor precipitación, menor radiación y mayor humedad relativa se relacionan con mayores rendimientos y mejor calidad forrajera. Los resultados de la finca El Corralito confirman estas tendencias, evidenciando que la estacionalidad climática tiene un impacto directo sobre la cantidad y calidad de la biomasa producida. La tabla 4 resume la relación entre las variables climáticas y la producción de *Brachiaria brizantha* en la finca El Corralito.

Estos resultados coinciden con los reportados por Reyes et al. (2020), quienes observaron que la producción de biomasa y la calidad del forraje en gramíneas tropicales disminuyen significativamente en épocas de baja precipitación, registrando valores de proteína cruda por debajo del 10% en condiciones secas. De manera similar, Solís et al. (2021) indicaron que la producción de materia seca durante la época lluviosa puede ser hasta el doble que, en la época seca, con valores de proteína que también se reducen en este periodo. Por su parte, Jank et al. (2021), al evaluar diferentes cultivares de *Brachiaria*, encontraron que la fibra detergente neutra aumenta en época seca, lo que afecta la digestibilidad, tal como se evidencia en los resultados obtenidos en este estudio.

Además, los hallazgos son comparables con los reportes de Garay et al. (2017), quienes observaron que en *Brachiaria brizantha* cultivada en Ecuador, la producción de materia seca en época seca representaba aproximadamente el 62% de la obtenida en época lluviosa, similar a lo encontrado aquí, donde la producción en época seca representa cerca del 49% de la producción lluviosa. Por otro lado, estudios realizados por Reyes-Purata et al. (2009) sobre Brachiaria humidicola indican que durante la época seca la proteína cruda suele ubicarse en el rango de 10,1 – 11,9%, valores que, aunque superiores a los obtenidos en este caso (7,1%), siguen confirmando la tendencia de deterioro nutricional en condiciones de baja disponibilidad hídrica.

**Tabla 4.** Relación entre las variaciones climáticas y la producción de *Brachiaria brizantha*

Variable Climática	Época Lluviosa (Corralito)	Época Seca (Corralito)	Relación Observada
Precipitación	Alta ( $>1\,300$ mm/año)	Baja ( $<1\,300$ mm/año)	Directa con la materia seca
Temperatura	Menor a 28,5 °C	Mayor a 28,5 °C	Inversa con la calidad forrajera
Humedad Relativa	Mayor al 60 %	Menor al 55 %	Directa con la calidad forrajera
Radiación Solar	Menor a 2 MJ/m <sup>2</sup> /día	Mayor a 3 MJ/m <sup>2</sup> /día	Inversa con la calidad forrajera
Materia Seca	1 980 kg MS/ha/mes	970 kg MS/ha/mes	Directa con precipitación
Proteína Cruda	10,2 %	7,1 %	Directa con humedad y precipitación
Fibra Detergente Neutra	60 %	62 %	Inversa con precipitación
Digestibilidad	54,9 %	45 %	Directa con

humedad y  
precipitación

Fuente: Propia (2025)

Estos resultados confirman que las fluctuaciones climáticas tienen un efecto determinante en la productividad forrajera y que el cambio climático, con su tendencia a aumentar la frecuencia de períodos secos y extremos térmicos, podría agravar la estacionalidad en la producción de *Brachiaria brizantha*. En este sentido, autores como Navas et al. (2018) sugieren que para contrarrestar estos efectos es fundamental la adopción de sistemas silvopastoriles y la aplicación de estrategias agronómicas adaptativas como el encalado y la fertilización estratégica, prácticas que podrían contribuir a mejorar tanto la cantidad como la calidad del forraje disponible en la finca El Corralito.

Además, en zonas con escasa humedad, esta es el factor limitante más importante para el crecimiento del forraje. La temperatura también es determinante: en este sentido, Rojas et al. (2011) señalan que temperaturas elevadas favorecen el crecimiento de especies C4, pero pueden acelerar la maduración del pasto, aumentando su fibra y reduciendo su digestibilidad y contenido proteico.

La humedad relativa, al influir en la transpiración y en el desarrollo de enfermedades, afecta las tasas de crecimiento y la calidad del forraje, por ejemplo, pastos en climas húmedos llegan a tener fibra más alta y proteína menor. Finalmente, la radiación solar, si bien esencial para la fotosíntesis, expone al pasto a estrés lumínico en exceso, lo que aumenta la lignificación y reduce la calidad nutricional del forraje. Por lo tanto, un balance óptimo de lluvia moderada, temperaturas cálidas, pero no extremas, humedad relativa adecuada y radiación solar controlada favorece la producción de pastos de alta calidad y eficiencia, esenciales para la salud y productividad del ganado.

Esto tiene relevancia para los sistemas ganaderos, relacionado con la tasa de crecimiento de las pasturas, tanto naturales como cultivadas. La misma, se encuentra afectada particularmente por el déficit hídrico y en menor medida por la temperatura.

La producción de forraje del campo natural tiene sus variaciones anuales en función principalmente de las precipitaciones, cuando se produce la mayor cantidad de forraje, entre el 60 y el 70 % del total anual (Solís, 2021)

## Conclusiones

El análisis realizado permitió evidenciar que las variables climáticas como la precipitación, la temperatura, la humedad relativa y la radiación solar inciden de forma directa y significativa en la producción de biomasa y la calidad bromatológica del *Brachiaria brizantha* en la finca El Corralito. Los resultados muestran que, durante la época lluviosa, con mayores niveles de precipitación (superiores a 1 300 mm/año) y humedades relativas superiores al 60 %, se obtuvieron rendimientos de hasta 1 980 kg MS/ha/mes, con una calidad forrajera aceptable, caracterizada por un contenido de proteína cruda de 10,2 %, FDN de 60 % y digestibilidad de 54,9 %.

En contraste, durante la época seca, cuando las precipitaciones son inferiores a 1 300 mm/año, las temperaturas aumentan y la humedad relativa desciende por debajo del 55 %, la producción de materia seca se redujo a 970 kg MS/ha/mes. Además, la calidad del forraje se vio comprometida, con una disminución de la proteína cruda a 7,1 %, un aumento de la FDN a 62 % y una caída de la digestibilidad a 45 %.

Estos resultados coinciden con los estudios de diversos autores antes mencionados, quienes destacan que las condiciones climáticas adversas, especialmente la sequía y las altas temperaturas, limitan la producción y calidad del forraje. Asimismo, la radiación solar elevada, observada en años como 2014 y 2015, contribuyó a la disminución de la calidad bromatológica debido a un mayor estrés ambiental y mayor lignificación de los tejidos.

La relación encontrada entre las condiciones climáticas y la producción forrajera en la finca El Corralito confirma que el cambio climático representa una amenaza

para la estabilidad productiva del pasto *Brachiaria brizantha*, ya que el aumento de la variabilidad climática podría intensificar las diferencias estacionales y reducir la disponibilidad de forraje de buena calidad durante la época seca.

### **Recomendaciones para la unidad de producción**

Se recomienda la incorporación de árboles forrajeros o de sombra en las áreas de pastoreo para mitigar el impacto del estrés térmico, mejorar la humedad del microambiente y contribuir a mantener la calidad del forraje durante la época seca.

Dado que el suelo en la finca presenta pH bajo, es recomendable realizar aplicaciones de cal agrícola para corregir la acidez y favorecer la absorción de nutrientes, lo cual puede mejorar significativamente la productividad y calidad del *Brachiaria brizantha*.

Es fundamental aplicar fertilizantes, especialmente nitrogenados, al inicio y durante la época lluviosa para maximizar la producción de biomasa y mejorar el contenido de proteína cruda del forraje.

Se sugiere instalar pluviómetros y termómetros de campo para registrar la información climática en tiempo real, lo que permitirá ajustar las prácticas de manejo forrajero y tomar decisiones oportunas ante cambios climáticos imprevistos.

Es conveniente implementar estrategias de conservación como el ensilaje o el heno durante la época de lluvias para disponer de reservas alimenticias de calidad que puedan ser utilizadas durante la época seca, garantizando así la estabilidad alimentaria del hato.

La rotación adecuada permitirá dar tiempo de recuperación al pasto, mejorar la persistencia de la pradera y optimizar la disponibilidad de forraje, especialmente durante los períodos críticos de baja precipitación.

## Bibliografía

- Alonso, A., Vélez, D., Mendoza, J. (2017). Efecto del cambio climático en la fenología de especies forrajeras tropicales. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 30(2), 145–154. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v30n2a06>
- Álvarez, A., Morales, R., Corrales, C., Avendaño, H., Villarreal, A. (2018) Caracterización estomática, concentración de clorofila y su relación con la producción de biomasa de *Bouteloua curtipendula*. Agronomía Mesoamericana 29:251-261, <https://doi.org/10.15517/MA.V29I2.29900>
- Álvarez, A. (2019). Variación de los periodos de crecimiento para tres pastos tropicales, bajo los efectos del cambio climático. Pastos y Forrajes, 42(2), 104-113. Recuperado en 08 de mayo de 2025, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942019000200104&lng=es&tlang=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942019000200104&lng=es&tlang=es).
- Anon, R. (2008). Curso cambio climático. Ed. Universidad para todos. La Habana, Cuba. p. 1
- Arias, F. (2012) El proyecto de Investigación (5a. e.). Caracas: Episteme.
- Argel, P., Durán, C., Franco, L. (1993). Planeación y conducción de ensayos de evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras en fincas RIEPT-MCAC. Documento en línea: [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Forrajes\\_Tropicales/pdf/2nd/WD133.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Forrajes_Tropicales/pdf/2nd/WD133.pdf)
- Balestrini A. (2006). Cómo se Elabora el Proyecto de Investigación. (7a. e.) Caracas: Consultores Asociados.
- Barry, R., Chorley, R. (1999). Atmósfera, tiempo y clima (7.<sup>a</sup> ed.). Ediciones Omega.
- Bonifaz, N., León, R., Gutiérrez, F. (2018). Pastos y Forrajes del Ecuador. Siembra y Producción de Pasturas. Universidad Politécnica Salesiana. Primera. Edición. Editorial Universitaria Abya –Yala. Cuenca-Ecuador

- Canto, M., Jobim, C., Pagliarini, M., Pancera, E., Barth, N., Vizotto, B. (2010). A pecuária de corte no Paraná - desenvolvimento, caracterização e o papel das pastegens. *Scientia Agraria Paranaensis*, 9(3), 5-21. doi:10.1818/sap. v9i3.5257.
- Costa, C., Aparecida, S., Silva, G., Batista, J., Pellegrin, L. (2002). Metodología de muestreo para la evaluación de la calidad de pastos nativos Consumido por el ganado en Pantanal. Documento en línea: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/801071/1/DOC31.pdf>
- Del Prado, A, Galán, P., Batalla, U., Pardo, G. (2020). Impactos y adaptación al cambio climático en rumiantes. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria* 116(5): 461-482. Documento en línea: <https://doi.org/10.12706/itea.2020.038>.
- Dignam, B., O'Callaghan, M., Condron, L., Raaijmakers, J., Kowalchuk, G., Wakelin, S. (2016). Challenges and opportunitues in harnessing soil disease suppressiveness for sustainable pasture production. *Soil Biology Biochemistry*, 95, 100-111. doi:10.1016/j.soilbio.2015.12.006.
- Easterling, W., Aggarwal, P., Batima, K., Brander, L., Erda, M., Howden, A., Kirilenko, J., Morton, J., Soussana, S., Schmidhuber, F. Tubiello, (2007) Alimentos, fibras y productos forestales. En Cambio Climático 2007: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambridge University Press, págs. 273-313.
- FAO. (2018). El estado de la biodiversidad para la alimentación y la agricultura en el mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Documento en línea: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/1f51259a-7584-4fcf-bab7-d9109361199c/content>
- Febles, G., Ruiz, T., Baños, R. (2009). Efecto del clima en la producción de semillas de pastos tropicales de gramíneas Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 43, núm. 2. pp. 105-112 Instituto de Ciencia Animal La Habana, Cuba. Documento en línea: <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193015425001.pdf>
- Guiot, J., Meléndez, F. (2003). Pasto Mulato *Brachiaria* híbrido (CIAT 36061). Excelente alternativa para producción de carne y leche en zonas tropicales. [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/forrajes\\_tropicales/Released/Materiales/Cartilla\\_Mulato\\_36061\\_MEX\\_2003.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/forrajes_tropicales/Released/Materiales/Cartilla_Mulato_36061_MEX_2003.pdf)
- Gomara I, Bellocchi G, Martin R, Rodriguez-Fonseca B, Ruiz-Ramos M (2020). Influencia de la variabilidad climática en la producción potencial de forraje de una pradera permanente segada en el Macizo Central francés. Documento en línea: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107768>

- Guamán, S. (2023). Aplicación de Tecnologías en la Agricultura de Precisión mediante Evidencia de Fuentes Científicas. *Horizon Nexus Jornal*, 1(2), 1-13. <https://doi.org/10.70881/hnj/v1/n2/1>
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación. McGraw-Hill-Interamericana. México, D. F. 5ta Ed. 613 p.
- Herrera, R. (2006). La calidad. En: Fisiología, producción de biomasa y sistemas silvopastoriles en pastos tropicales. Abonos orgánicos y biogás. Ed. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. p. 76
- Hurtado, J. (2007). El proyecto de investigación. (6a. e.) Caracas: Quirón.
- Huxman, T., Smith, M., Fay, P., Knapp, A., Shaw, M., Loik, M., Smith, S. (2004). *Convergence across biomes to a common rain-use efficiency*. *Nature*, 429(6992), 651–654. <https://doi.org/10.1038/nature02561>
- Guiot, J., Meléndez, F. (2003). Pasto Mulato Brachiaria híbrido (CIAT 36061). Excelente alternativa para producción de carne y leche en zonas tropicales. [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/forrajes\\_tropicales/Released/Materiales/Cartilla\\_Mulato\\_36061\\_MEX\\_2003.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/forrajes_tropicales/Released/Materiales/Cartilla_Mulato_36061_MEX_2003.pdf)
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (IPCC). (2021). Cambio climático 2021. Resumen para responsables de políticas. [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WG1\\_SPM\\_Spanish.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WG1_SPM_Spanish.pdf)
- Jank, L., Barrios, S., do Valle, C., Simeão, R., Alves, G. (2021). Gramíneas perennes para la mejora de pasturas tropicales en Brasil: historia y perspectivas futuras. *Revista Brasileña de Zootecnia*, 50, e20200224. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/gTnYXK9hWc5hnXzQTwMXhPr/?lang=en>
- Jones, H., Stoll, M., Santos, T., De Sousa, C., Chaves, M., Grant, O. (2005). *Use of infrared thermography for monitoring stomatal closure in the field: Application to grapevine*. *Journal of Experimental Botany*, 56(414), 139–146. <https://doi.org/10.1093/jxb/eri016>
- Lascano, C., Estrada, R. (2002). Manejo ecológico de los sistemas de pastoreo en zonas tropicales. CIAT.
- Lobell, D. B., Schlenker, W., Costa-Roberts, J. (2011). *Climate trends and global crop production since 1980*. *Science*, 333(6042), 616–620. <https://doi.org/10.1126/science.1204531>
- Lucas, N. (2022). Impacto del cambio climático en sistemas productivos agrícolas, finca “Toala León” comunidad de Joa – Jipijapa. Jipijapa-Unesum. Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura. Documento en línea: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3887>

- Medina, E., Silva, J. (2013). Bases agroecológicas para el manejo de pasturas en ambientes tropicales. Revista Venezolana de Ciencia Animal, 1(1), 55-68.
- Melado, J. (2014). El Manual de Manejo Sostenible de Pastizales. Documento en línea: [https://lapaz.aics.gov.it/wp-content/uploads/2019/08/Manual-Manejo-sostenible-pastizales\\_finalissimo.pdf](https://lapaz.aics.gov.it/wp-content/uploads/2019/08/Manual-Manejo-sostenible-pastizales_finalissimo.pdf)
- Mola, B., Bonet, C., Rodríguez, D. (2021). Tecnologías para el uso eficiente de los recursos hídricos en fincas ganaderas. Documento en línea: <https://www.redalyc.org/journal/5862/586267422009/>
- Morales, J., Arriaga, M. (2002). Evaluación de la eficiencia alimenticia y parámetros productivos en bovinos de ceba alimentados con diferentes dietas. *Revista Científica FCV-LUZ*, 12(2), 123-130.
- Motta, P., Ocaña, H., Rojas, E. (2019). Indicadores asociados a la sostenibilidad de pasturas: una revisión. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 20(2), 387-408. Documento en línea: <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v20n2/0122-8706-ccta-20-02-00387.pdf>.
- Nava, C., Rosales, R., Carrete, F., Jiménez, R., Domínguez, P., Reyes, O. (2018). Productividad y calidad de forraje de pastos cultivados durante la época seca en Durango, México. Agrociencia, 52(6), 803-816. Recuperado en 28 de junio de 2025, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952018000600803&lng=es&tlang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000600803&lng=es&tlang=es).
- Pájaro, D. (2002). La Formulación de Hipótesis. Documento en línea: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10101506>
- Paredes, F. (2020). Nociones elementales de la climatología e hidrología del estado Cojedes. Documento en línea: <http://libreria.unellez.edu.ve/wp-content/uploads/2020/07/Nociones-elementales-de-la-climatologia-e-hidrologia-del-estado-Cojedes-Franklin-Paredes-Trejo.pdf>
- Pizarro, E., Hare, M. (2010). Adaptación y manejo de especies forrajeras tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Ramírez, J., Zambrano, D., Campuzano, J., Verdecia, D., Chacón, E., Arceo, Y., Labrada, J., Uvidia, H. (2017). El clima y su influencia en la producción de los pastos REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, vol. 18, núm. 6. pp. 1-12 Veterinaria Organización Málaga, España
- Reyes, J., Méndez, Y., Espinosa, K., Bastidas, L., Apolo, J. (2022). Composición química, digestibilidad y rendimiento de *Brachiaria decumbens* a diferentes edades de rebrote. Biotecnia, vol. 24, núm. 2, pp. 84-93. <https://www.redalyc.org/journal/6729/672974941011/html/>
- Rodríguez, C., Breña, J., Esenarro, V. (2021). Las variables en la metodología de la investigación científica. Editorial Área de innovación y desarrollo, S.L. Primera

edición. DOI: <https://doi.org/10.17993/IngyTec.2021.78>. Documento en línea: <https://3ciencias.com/wp-content/uploads/2021/10/Las-Variables.pdf>

Rojas, S., Olivares, J., Jiménez, R., Gutiérrez, I., Avilés, F. (2011). Producción de materia seca y componentes morfológicos de cuatro cultivares de *Brachiaria* en el trópico Avances en Investigación Agropecuaria, vol. 15, núm. 1, pp. 3-8.

Silva, J. (2009). Evaluación de Pastos Promisorios Brachiaría brizantha, Brachiaría decumbens, Panicum maximun En la Finca "Buena Fe" Parroquia 10 de agosto Universidad Estatal Amazónica. Puyo-Ecuador. pp. 12 y 13.

Solís, L., Valle, D., Orrala, N. (2021). Rendimiento y valor nutritivo del pasto Brachiaría brizantha cv. "Marandú", en zonas semiáridas del litoral ecuatoriano. [https://www.researchgate.net/publication/363941186\\_Rendimiento\\_y\\_valor\\_nutritivo\\_del\\_pasto\\_Brachiaria\\_brizantha\\_cv\\_Marandu\\_en\\_zonas\\_semiaridas\\_del\\_litoral\\_ecuatoriano](https://www.researchgate.net/publication/363941186_Rendimiento_y_valor_nutritivo_del_pasto_Brachiaria_brizantha_cv_Marandu_en_zonas_semiaridas_del_litoral_ecuatoriano)

Soussana, J., Tubiello, F., Graux, A., Newton, P. (2007). Modelling climate change impacts and adaptations in agriculture. In T. Banhazi (Ed.), Proceedings of the 3rd International Congress on Environmental Modelling and Software. International Environmental Modelling and Software Society (iEMSSs). <http://www.iemss.org>

Schulze, R., Maharaj, M., Lynch, S., Howe, B., Melvil-Thomson, B. (2005). Climate change and the commercial forestry sector of South Africa. Report to the South African Country Studies Climate Change Programme. Pietermaritzburg: School of Bioresources Engineering and Environmental Hydrology, University of KwaZulu-Natal.

Tergas, L. (1991). Producción de pastos en los trópicos. En C. I. Lascano (Ed.), Bases para el manejo de los ecosistemas de pastizales en América Latina (pp. 43–65). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Triana, G., Curbelo, R., Loyola, H. (2017). Indicadores bioeconómicos del uso de *Ataleia cubensis* (DC) Dietr. para la producción con rumiantes en Camagüey. Revista de producción Animal, 29(1), 16-20.

UNCCD. (2023). Desertificación y sequía 2025: Restaurar la tierra, desbloquear oportunidades. Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación. <https://unric.org/en/desertification-and-drought-day-2025-restore-the-land-unlock-the-opportunities/>

Valle, M. (2020). Rendimiento y valor nutritivo del pasto Brachiaria brizantha cv. Marandú, en río verde, provincia de santa elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5537/1/UPSE-TIA-2020-0018.pdf>

# **Anexos**



Pesaje materia verde del forraje



Secado del pasto en estufa durante 72 horas a 60°C





Pesaje materia seca del forraje