

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
Validación del algoritmo bromatológico del software TaurusWebs
V2023® y evaluación del desempeño productivo de novillos de engorde
bajo un sistema semiestabulado con pastoreo racional Voisin en
Zamorano

Estudiantes

Guillermo Sebastián Reyes Bonilla

Melvin de Jesús Serrano Vega

Asesores

Celia Odila Trejo Ramos, Ph.D.

John Jairo Hincapié, D.Sc.

Honduras, julio 2023

Autoridades

SERGIO RODRÍGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA O. TREJO RAMOS

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Figuras	6
Índice de Anexos	7
Resumen	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
Materiales y Métodos.....	13
Ubicación del Experimento.....	13
Animales.....	13
Sistema de Pastoreo Racional Voisin y Suplementación Estratégica.....	13
Descripción de la Pastura Cultivada.....	15
Aforo de Pasturas y Aplicación del Software TaurusWebs V2023® para el Análisis Bromatológico Digital (Ganadería 4.0)	16
Validación del Algoritmo Dron Bromatológico del Software TaurusWebs V2023® Para el Análisis Bromatológico Digital de Pasturas Versus el Método de Laboratorio: Química Húmeda	18
Evaluación del Desempeño Productivo de Novillos de Engorde	19
Diseño Experimental.....	19
Validación Análisis Bromatológico Software TaurusWebs V2023®	19
Análisis Estadístico	19
Diseño Experimental.....	20
Evaluación del Desempeño Productivo	20
Análisis Estadístico	20
Resultados y Discusión.....	21
Porcentaje de Proteína Cruda (%PC)	21

Energía Neta de Lactancia (ENL, Mcal/kg MS)	21
Porcentaje de Fibra Neutro Detergente (%FND)	22
Porcentaje de Fibra Ácido Detergente (%FAD)	24
Comparación Entre los Valores Obtenidos del Algoritmo Dron Bromatológico Digital del Software TaurusWebs V2023® Versus los Resultados del Análisis de Laboratorio por medio del Método de Química Húmeda (Q.H)	25
Evaluación del Desempeño Productivo de Novillos de Engorde por medio de Valores de Peso Inicial, Peso Final Y Ganancia Diaria de Peso (GDP) en Cuanto a la Composición Racial	27
Conclusiones	32
Recomendaciones	33
Referencias	34
Anexos	37

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Arreglo de los ciclos implementados en el sistema de Pastoreo Racional Voisin (PRV) durante el experimento.....	14
Cuadro 2 Formulación de la dieta en base fresca (kg), porcentaje de inclusión de los ingredientes (%) y aporte nutricional para la suplementación estratégica de los requerimientos nutricionales de novillos de engorde en un sistema semi estabulado con pastoreo racional Voisin.	16
Cuadro 3 Dieta ofrecida en base fresca (kg) para la suplementación de los requerimientos nutricionales por animal por día.....	16
Cuadro 4 Arreglo de los tratamientos utilizados en la investigación.	19
Cuadro 5 Comparación de los valores de Porcentaje de Proteína Cruda (%PC) entre los tratamientos para cada ciclo de pastoreo.	21
Cuadro 6 Comparación de los valores de Energía Neta de Lactancia (ENL, Mcal/kg MS) entre los tratamientos para cada ciclo de pastoreo.	22
Cuadro 7 Comparación de los valores de Porcentaje de Fibra neutro Detergente (%FND) entre los tratamientos para cada ciclo de pastoreo.	24
Cuadro 8 Comparación de los valores de Porcentaje de Fibra Ácido Detergente (%FAD) entre los tratamientos para cada ciclo de pastoreo.	25
Cuadro 9 Comparación de los valores entre tratamientos para las variables evaluadas: Porcentaje de Proteína Cruda (%PC), Energía Neta de Lactancia (ENL, Mcal/kg MS), Porcentaje de Fibra Neutro Detergente (%FND) y Porcentaje de Fibra Ácido Detergente (%FAD) durante el experimento.	27
Cuadro 10 Evaluación comparativa entre los valores: Peso Inicial (PI), Peso Final (PF) y Ganancia Diaria de Peso (GDP) en función de la composición racial por cada ciclo de pastoreo en el sistema de producción.	28

Índice de Figuras

Figura 1 Mapa del Sistema de Pastoreo Racional Voisin implementado en el lote “Los Mingos” de la Unidad de Ganado de Carne de Zamorano.	14
Figura 2 Modelo Lineal General (MLG) para la variable porcentaje de proteína cruda (%PC) entre los tratamientos TaurusWebs y Química Húmeda por cada potrero de pastoreo.	29
Figura 3 Modelo Lineal General (MLG) para la variable energía neta de lactancia (ENL) entre los tratamientos TaurusWebs y Química Húmeda por cada potrero de pastoreo.	29
Figura 4 Modelo Lineal General (GLM) para la variable porcentaje de fibra neutro detergente (%FND) entre los tratamientos TaurusWebs y Química Húmeda por cada potrero de pastoreo.	31
Figura 5 Modelo Lineal General (MLG) para la variable porcentaje fibra ácido detergente (%FAD) entre los tratamientos TaurusWebs y Química Húmeda por cada potrero de pastoreo.	31

Índice de Anexos

Anexo A Interfaz de la función dron bromatológico del software TaurusWebs V2023®, análisis de fotografías RGB y resultados de PC (%), ENL (Mcal/kg MS), FND (%) y FAD (%)	37
Anexo B Comparación fotografía ideal tomada a 100 metros de altura con un ángulo hacia debajo de 90° con luminosidad adecuada versus fotografía con alta luminosidad.	38
Anexo C Identificación del cuadrante en el software mediante visualización de materia inerte en este caso un cuadrante de PVC (cuadro rojo) desactivando las funciones de proteínas de diferentes porcentajes (cuadro rojo).	39

Resumen

Actualmente, la producción ganadera busca efficientizar sus procesos con el objetivo de alcanzar producciones sostenibles en cuanto al manejo eficiente de los recursos disponibles, implementando sistemas de pastoreo, suplementación estratégica y nuevas tecnologías bajo el concepto de Ganadería 4.0. Los objetivos de este estudio fueron: validar el análisis bromatológico del software TaurusWebs V2023® en la predicción del contenido nutricional de *Megathyrus maximus* cv. Tobiata en un sistema de pastoreo racional Voisin, evaluar el comportamiento nutricional de la pastura a través de pruebas de laboratorio y evaluar el desempeño productivo de 73 novillos de engorde en función de la composición racial en un sistema semiestabulado (pastoreo y suplementación estratégica). Se implementó el método de cuadrantes para aforo de pasturas y el método de corte – pesado – secado para el muestreo; las muestras recolectadas fueron enviadas al laboratorio DairyOne evaluando las variables: Proteína Cruda (%), Fibra Neutro Detergente (%), Fibra Ácido Detergente (%) y Energía Neta de Lactancia (Mcal). Los resultados fueron comparados estadísticamente realizando un ANDEVA, aplicando el modelo lineal general con separación de medias con la prueba SNK ($P \leq 0.05$) y la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov. Los valores reportados por cada tratamiento: TaurusWebs y laboratorio, presentaron diferencias significativas entre sí para todas las variables analizadas ($P < 0.05$). La composición racial influyó en los valores peso y ganancia diaria de peso (GDP), donde presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre razas para cada ciclo de pastoreo. Los resultados obtenidos coincidieron con los rangos históricos de desempeño para este tipo de producción en Zamorano.

Palabras clave: Análisis bromatológico, desempeño productivo, laboratorio, química húmeda, TaurusWebs.

Abstract

Currently, livestock production seeks to rationalize its processes with the objective of achieving sustainable production in terms of efficient management of available resources, implementing grazing systems, strategic supplementation, and new technologies under the concept of Livestock 4.0. The objectives of this study were: to validate the bromatological analysis of TaurusWebs V2023® software in the prediction of the nutritional content of *Megathyrus maximus* cv. Tobiatá in a Voisin rational grazing system, to evaluate the nutritional behavior of the pasture through laboratory tests and to evaluate the productive performance of 73 fattening steers as a function of the racial composition in a semi-stabled system (grazing and strategic supplementation). The quadrat method was implemented for pasture gauging and the cut-weight-dry method for sampling; the collected samples were sent to the DairyOne laboratory evaluating the variables: Crude Protein (%), Neutral Detergent Fiber (%), Acid Detergent Fiber (%) and Net Lactation Energy (Mcal). The results were statistically compared by performing an ANOVA, applying the general linear model with separation of means with the SNK test ($P \leq 0.05$) and the Kolmogorov-Smirnov normality test. The values reported for each treatment: TaurusWebs and laboratory, presented significant differences between them for all the variables analyzed ($P < 0.05$). Breed composition influenced weight and average daily gain (ADG) values, which presented significant differences ($P < 0.05$) between breeds for each grazing cycle. The results obtained coincided with historical yield ranges for this type of production in Zamorano.

Key words: Bromatological analysis, laboratory, productive performance, TaurusWebs, wet chemistry.

Introducción

Durante muchos años la ganadería ha formado parte importante en la producción de alimentos y la construcción de la seguridad alimentaria, influyendo en factores como: producción de alimento de origen animal (fuente de proteínas, vitaminas y minerales) contribuyendo en el desarrollo humano mediante la integración de los productos obtenidos en las dietas alimenticias, aprovechamiento de recursos no comestibles (como pastizales y subproductos agrícolas) así como la generación de empleo y el desarrollo económico. En la actualidad, este sector cada vez se ve más influenciado debido al aumento acelerado de la población, los cambios en los estilos de vida y las nuevas dietas alimenticias (FAO 2023), por tal motivo se genera un aumento en la producción pecuaria; sin embargo, esto genera preocupación al sector ambiental, debido a que la ganadería es una práctica que colabora en gran medida a la producción de gases de efecto invernadero (GEI). De acuerdo con Gerber et al. (2013), el sector ganadero es un factor importante en el cambio climático, pues es responsable del 18% de los gases de efecto invernadero (GEI) medidos en CO₂ equivalente, la cual es una contribución mayor que el sector de transporte (Steinfeld et al. 2006). Sin embargo, en 2013 la ganadería correspondía al 14.5% de las emisiones de GEI globales (Gerber 2013).

En los últimos años, el porcentaje de emisiones de GEI producidos por la ganadería ha presentado un decremento debido al surgimiento de sistemas de producción más sostenibles, los cuales buscan mitigar el efecto de producción de los GEI, de manera que los gases producidos sean compensados con la cantidad de carbono que absorben las pasturas. Según Nallar et al. (2017) se deben aplicar conceptos y prácticas de producción animal que incorporen aspectos sociales, ecológicos y económicos, basado en 4 pilares fundamentales: infraestructura, sanidad, alimentación y manejo ganadero. Es por ello, que se han desarrollado e implementado metodologías que buscan integrar estos conceptos en los sistemas productivos como los circuitos de pastoreo, precisión en la formulación de raciones e implementación de nuevas tecnologías bajo el concepto de Ganadería 4.0; la implementación de nuevas tecnologías permite ejecutar soluciones ante los desafíos que enfrenta

el sector ganadero relacionados con la sostenibilidad ambiental y el bienestar animal, es por ello por lo que se gestionan circuitos de pastoreo más eficientes con el objetivo de situar al ganado en condiciones tales que permitan el máximo aprovechamiento del área y obtener de ellos altos rendimientos productivos en el menor tiempo posible, como el sistema de Pastoreo Racional Voisin (PRV). Este sistema busca un equilibrio entre los ciclos del suelo, la planta y el ganado implementando cuatro leyes, en donde las primeras dos estimulan los tiempos de ocupación (pastoreo) y descanso (recuperación de la pastura) para un uso planificado, mientras que las otras dos hacen referencia al máximo rendimiento y el requerimiento regular del ganado (Bautista-García et al. 2022).

La correcta implementación de este sistema de pastoreo permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente metano, también, permite mejorar la fertilidad y productividad del suelo, la captura de carbono atmosférico y lo incorpora al suelo, favorece el desarrollo del microbiota del suelo, facilita la descomposición de materia orgánica y mejora la estructura y calidad del suelo. Parte importante de una correcta utilización de pasturas es conocer la calidad nutricional de estas, ya que permite estimar en qué medida satisfacen las necesidades nutricionales de los animales la base alimenticia compuesta por pasto, sin embargo, las variedades de pasturas utilizadas en el trópico presentan baja productividad y no logran satisfacer en su totalidad los requerimientos nutricionales de los animales, lo que conlleva a que se realice suplementación con alimentos balanceados que permitan cubrir con dichos requerimientos (Núñez-Arroyo et al. 2022).

El uso de tecnologías también ha formado parte importante de este desarrollo en la ganadería, y esto a su vez ha generado la creación de nuevas herramientas basadas en el término de agricultura 4.0, lo cual consiste en la integración de tecnologías para la recopilación y análisis de datos (ATRIA Innovation 2021) con el objetivo de obtener una mayor eficiencia, rendimiento y lograr una automatización de los procesos. TaurusWebs, por ejemplo, el cual es un software enfocado en la administración eficiente de producciones ganaderas. Dentro de las funciones que presenta el software se puede mencionar la medición de la huella de carbono, automatización de equipos de ordeño, hacer

manejo de reemplazos, identificación de Rinotraqueítis Infecciosa Bovina (IBR), evaluación de minerales, análisis bromatológico, entre otros.

Para fines de esta investigación se considerará únicamente la función nutricional referente al análisis bromatológico, con el objetivo de validar la función del software TaurusWebs V2023® en la predicción del contenido nutricional de *Megathyrus maximus* cv. Tobiatá en un sistema de pastoreo racional Voisin, así como evaluar el comportamiento nutricional de la pastura a través de pruebas de laboratorio de análisis bromatológico por medio del método de química húmeda y evaluar el desempeño productivo de novillos mediante una alimentación a base de pasto con suplementación estratégica en sistema de producción semiestabulado.

Materiales y Métodos

Ubicación del Experimento

El estudio se realizó en el lote “Los Mingos” en la Unidad de Ganado de Carne, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; ubicada en el Valle del Yeguary a 32 km de Tegucigalpa, en el departamento de Francisco Morazán, Honduras; localizada a 14° latitud norte y 87° longitud oeste, con una precipitación promedio de 1100 mm por año, a una altura de 800 msnm y una temperatura promedio de 28° C.

Animales

Se utilizaron 73 novillos de engorde de la Unidad de Ganado de Carne con composición racial Brahman y encastes con razas taurinas de aptitud cárnica (Angus, Simmental, Charoláis, Senepol). El pesaje de los animales se realizó luego de haber finalizado la rotación completa por cada ciclo de producción (26 – 30 días) en el sistema de pastoreo racional Voisin.

Sistema de Pastoreo Racional Voisin y Suplementación Estratégica

El proyecto de investigación se desarrolló dentro del periodo lluvioso y parte del período seco (Agosto – Diciembre) del año 2022, por lo cual se implementó un sistema de producción de carne “semi- estabulado”, el cual estuvo conformado por dos partes.

Como primera parte, los animales se integraron en un Sistema de Pastoreo Racional Voisin (PRV), el cual se extiende en un lote de 5.85 hectáreas, dividido con cerca eléctrica en 26 potreros que miden 0.225 hectáreas (2250 m²) cada uno, debidamente identificados y enumerados. Dentro de este sistema se encuentra un tipo de pastura cultivada: *Megathyrsus maximus* cv. Tobiata. Para esta investigación se definieron cuatro ciclos de pastoreo los cuales fueron distribuidos de la siguiente forma: ciclo uno (potreros impares, periodo de agosto a septiembre), ciclo dos (potreros pares, periodo de septiembre a octubre), ciclo tres (potreros impares, periodo de octubre a noviembre), ciclo cuatro (potreros pares, periodo de noviembre a diciembre). Así mismo, los ciclos I y II se fusionaron para formar un ciclo completo de pastoreo de 26 potreros conocido como ciclo I, y de manera similar,

los datos de los ciclos III y IV se combinaron en un solo ciclo denominado ciclo II (Cuadro 1). Los animales pastorearon 18 horas al día y se les proporcionó agua *ad libitum* en los bebederos ubicados en el establo.

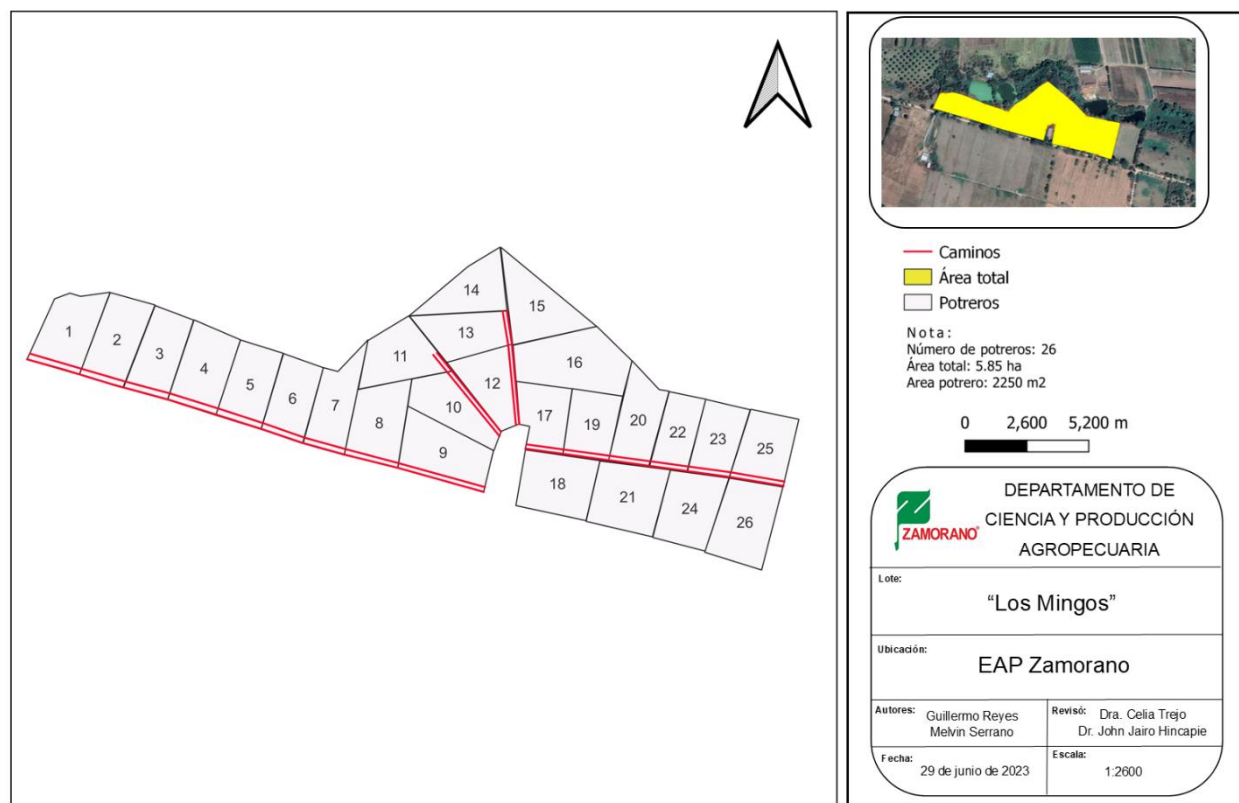
Cuadro 1

Arreglo de los ciclos implementados en el sistema de Pastoreo Racional Voisin (PRV) durante el experimento.

Ciclo Unificado	Ciclo Unitario	Potreros	Periodo
Ciclo I	Ciclo I	Impares	Agosto - Septiembre
	Ciclo II	Pares	Septiembre - Octubre
Ciclo II	Ciclo III	Impares	Octubre - Noviembre
	Ciclo IV	Pares	Noviembre - Diciembre

Figura 1

Mapa del Sistema de Pastoreo Racional Voisin implementado en el lote “Los Mingos” de la Unidad de Ganado de Carne de Zamorano.



Descripción de la Pastura Cultivada

Megathyrsus maximus (Jacq.) cv. Tobiatá: Originario de África, ciclo de vida perenne y abundantes tallos los cuales pueden alcanzar hasta 2 metros de altura. En esta variedad los nudos cercanos al suelo pueden presentar raíces adventicias. Logra desarrollarse en condiciones entre 0 y 2500 msnm y precipitaciones entre 780 y 11800 mm anuales. La digestibilidad de este pasto oscila en un rango entre el 50 al 64%, y los porcentajes de proteína cruda alcanzan entre 5 al 16%. Es altamente palatable en especial cuando se pastorea 1 o 2 días con 18 – 28 días de descanso y su uso es principalmente para pastoreo y ensilaje (Vélez y Berger 2011).

En cuanto a la segunda parte del experimento, se incluyó la suplementación de los requerimientos nutricionales que no son proporcionados en su totalidad por la pastura; esto se integra por medio de una dieta balanceada constituida por los siguientes ingredientes: harina de maíz, harina de soya, urea, sales minerales y melaza. Cada una de las proporciones de los ingredientes en la dieta se adecuaron en dependencia del crecimiento, peso y desarrollo de los animales, así como del comportamiento fisiológico y nutricional de las pasturas. La oferta de suplemento para todos los animales dentro del experimento fue de 219.03 kg por día (Cuadro 2), y por animal por día fue de 3 kg (Cuadro 3), con base al alcance del 1% de peso vivo por animal. También se les proporcionó una ración total inicial de 226.79 kg diarios de ensilaje de maíz (3.1 kg/animal), sin embargo, se realizaron ajustes a la ración a los 60 días incrementando la oferta a 453.58 kg (6.2 kg/animal), así mismo a los 120 días se incrementó la ración a 725.74 kg/día (9.9 kg/animal) al finalizar la investigación. Estas adaptaciones a las proporciones de ensilaje de maíz, se realizaron debido al efecto de la época del año sobre el comportamiento fisiológico y nutricional de las pasturas, ya que, al iniciar esta investigación en el mes de agosto (época lluviosa), se presentó una alta producción de biomasa la cual se mantuvo en el mes de septiembre (a los 30 días), luego en octubre se tuvo una disminución en la precipitación y producción de biomasa (60 días) por lo cual se hizo el primer ajuste a la ración la cual se mantuvo

hasta el mes de noviembre (90 días). Al entrar a la época seca en el mes de diciembre se reajustó la porción de ensilaje incrementando su valor.

Cuadro 2

Formulación de la dieta en base fresca (kg), porcentaje de inclusión de los ingredientes (%) y aporte nutricional para la suplementación estratégica de los requerimientos nutricionales de novillos de engorde en un sistema semi estabulado con pastoreo racional Voisin.

Ingredientes	kg/día/total	Porcentaje de inclusión	% PC	Aporte Proteico (kg)
Harina de Maíz	161.21	75	8	12.89
Harina de Soya	36.30	16	46	16.69
Urea	2.21	1	286	6.3
Sales Minerales	8.29	3	0	0
Melaza	10.96	5	0	0
Total	219.03	100		

Nota. %PC= Porcentaje de Proteína Cruda; valores de %PC Estrada Botero y Padilla Herrera (2021).

Cuadro 3

Dieta ofrecida en base fresca (kg) para la suplementación de los requerimientos nutricionales por animal por día.

Ingredientes	kg/animal/día
Harina de Maíz	2.20
Harina de Soya	0.49
Urea	0.03
Sales minerales	0.11
Melaza	0.15
Total	3.00

Aforo de Pasturas y Aplicación del Software TaurusWebs V2023® para el Análisis Bromatológico Digital (Ganadería 4.0)

El aforo de pasturas fue un procedimiento sistemático y rutinario, implementado diariamente con el fin de recolectar muestras para el análisis bromatológico de laboratorio de pasturas mediante el método de Química Húmeda, así mismo, para la cuantificación y determinación de producción de biomasa en el lote; para aforar, se implementó el método de cuadrantes haciendo uso de las siguientes herramientas: dos cuadrantes de tubo PVC con medidas de 2 metros de ancho por 2 metros

de largo, machete, cinta métrica de corte a 30 cm de altura, báscula electrónica porcionadora marca Escali®, rollo de cabuya, bolsas de papel para empaque. Es importante mencionar que este procedimiento se realizó en dos tiempos los cuales denominaremos pre-pastoreo (antes del ingreso de los animales) y post-pastoreo (después de que los animales pastaran la parcela).

En cuanto a la aplicación del concepto de ganadería 4.0, se utilizó el Dron Bromatológico del software TaurusWebs V2023® con el objetivo de validar su aplicación en los sistemas pastoriles. Este realizó el análisis bromatológico digital de las pasturas en tiempo real mediante algoritmos para el análisis de fotografías en formato 2ARGB (rojo, verde y azul) tomadas con un dron marca DJI modelo Mavic Mini 2® (Ultra-Clear 4K Video), evaluando los siguientes parámetros nutricionales: Porcentaje de Proteína Cruda (%PC), Porcentaje de Fibra Neutro Detergente (%FND), Porcentaje de Fibra Ácido Detergente (%FAD) y Energía Neta de Lactancia (ENL, Mcal/kg MS). Es importante mencionar que la toma de fotografías se realizó en los dos tiempos establecidos anteriormente, pre-pastoreo y post-pastoreo respectivamente.

Una vez identificado y enumerado el potrero a evaluar, los dos cuadrantes fueron colocados aleatoriamente en el lugar y distantes entre sí, alejados a cinco metros del cerco que delimita el lote. Luego los cuadrantes fueron divididos en cuatro sub cuadrantes los cuales fueron enumerados de izquierda a derecha, sub cuadrante 1 (superior izquierdo), sub cuadrante 2 (superior derecho), sub cuadrante 3 (inferior izquierdo), sub cuadrante 4 (inferior derecho). Seguido, se realizaron los vuelos del dron DJI Mavic Mini 2® (Ultra-Clear 4K Video) para la toma de fotografías 2ARGB, estas se hicieron a una altura de 100 metros, colocando la cámara en posición vertical con vista hacia abajo con un ángulo de 90°, procurando que el paisaje reflejado sea solamente el potrero por evaluar. Una vez cumplidos estos parámetros se toman tres fotografías. Posteriormente, se realizó el aforo manual de los sub cuadrantes a una altura de 30 cm, se cortó el pasto de manera homogénea y se separó cada muestra, las cuales fueron empacadas, rotuladas e identificadas con la siguiente nomenclatura (P1 C1 SC1 PRE), en donde P1 es el número de potrero, C1 el número de cuadrante, SC1 el número de sub

cuadrante y PRE el tiempo en que se está tomando la prueba es decir pre-pastoreo, en caso de llevarse a cabo el procedimiento en post-pastoreo se sustituye por el sufijo POS. Después de haber concluido con el primer cuadrante se realizó el mismo procedimiento con el segundo cuadrante, al tener ambos cuadrantes se pesan por separado cada una de las muestras y se anota el peso expresado en gramos en una hoja de reporte en el orden perteneciente, luego del pesado se corta cada muestra lo más pequeño posible (no más de 10 cm de altura de corte) una vez cortados todos los sub cuadrantes de cada cuadrante se colocan 1200 gramos en una bolsa plástica y se rotula con el mismo patrón pero esta vez sin incluir el sub cuadrante así: (P1 C1 PRE) y se repite el mismo procedimiento para el cuadrante 2.

Posteriormente, las muestras fueron sometidas a un proceso de secado en un horno marca WVR® International del laboratorio PIF de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, para determinar el peso en base a materia seca de las pasturas; las muestras fueron colocadas en el horno por un periodo de 48 horas en un rango de temperatura que oscila de los 70 a los 75° Celsius.

Finalmente, las muestras fueron empacadas en bolsas Ziploc® y se realizó el pesaje utilizando una báscula electrónica porcionadora marca Escali®, con el fin de obtener un peso específico de 60 gramos para cada una; luego se seleccionaron aleatoriamente 41 muestras representativas de 41 potreros de todo el lote y de todos los ciclos de pastoreo, las cuales fueron enviadas al laboratorio DairyOne, New York, Estados Unidos para aplicarles la prueba Análisis de Química Húmeda (Wet Chemical Analysis) para el análisis bromatológico de las pasturas.

Validación del Algoritmo Dron Bromatológico del Software TaurusWebs V2023® Para el Análisis Bromatológico Digital de Pasturas Versus el Método de Laboratorio: Química Húmeda

La validación del algoritmo del software TaurusWebs V2023® para el análisis bromatológico digital de pasturas se realizó mediante la comparación entre los resultados emitidos por el programa (los cuales para este proyecto se consideraron como tratamiento 1) versus los resultados de laboratorio que se realizaron bajo el método de química húmeda (los cuales para este proyecto se

consideraron como tratamiento 2), resultando dos tratamientos que evaluaron el perfil nutricional descrito a continuación:

Cuadro 4

Arreglo de los tratamientos utilizados en la investigación.

Tratamiento	Descripción de los Tratamientos	Variables Evaluadas
1	Aplicación Software TaurusWebs V2023 [®] para el análisis bromatológico digital de pasturas.	Porcentaje de Proteína Cruda (%PC) Porcentaje de Fibra Neutro Detergente (%FDN) Porcentaje de Fibra Ácido Detergente (%FDA)
2	Análisis de Laboratorio por medio del método Química Húmeda	Energía Neta de Lactancia (ENL, Mcal/kg MS)

Evaluación del Desempeño Productivo de Novillos de Engorde

Se evaluó el desempeño productivo de los novillos de engorde para cada ciclo de pastoreo en función de la composición racial a través de valores de peso y Ganancia Diaria de Peso (GDP), este último factor se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Ganancia Diaria de Peso} = \frac{\text{Peso Final} - \text{Peso Inicial}}{\text{Tiempo}} \quad [1]$$

Diseño Experimental

Validación Análisis Bromatológico Software TaurusWebs V2023[®]

Para este proyecto se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con dos tratamientos y 41 unidades experimentales, considerando cada potrero seleccionado aleatoriamente como una unidad experimental.

Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con medidas repetidas en el tiempo, aplicando el modelo lineal general (GLM por sus siglas en inglés) y la prueba de separación de medias haciendo uso de la prueba Student-Newman-Keuls (SNK), además se verificó la normalidad de los datos utilizando la prueba de normalidad Kolmogorov- Smirnov utilizando el programa “Statistical Analysis System” (SAS), con un nivel de significancia exigido de $P \leq 0.05$.

Diseño Experimental***Evaluación del Desempeño Productivo***

Se realizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con dos composiciones raciales (Brahman y encastes) y 73 unidades experimentales, considerando cada animal en el estudio como una unidad experimental.

Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con medidas repetidas en el tiempo y la prueba de separación de medias SNK, además se verificó la normalidad de los datos utilizando la prueba de normalidad Kolmogorov- Smirnov haciendo uso del programa “Statistical Analysis System” (SAS), con un nivel de significancia exigido de $P \leq 0.05$.

Resultados y Discusión

Porcentaje de Proteína Cruda (%PC)

Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para los valores de proteína cruda entre los tratamientos TaurusWebs y análisis de laboratorio por medio del método de Química Húmeda, para cada ciclo de pastoreo (I y II); en donde, el tratamiento TaurusWebs presentó un valor superior de proteína cruda para cada ciclo con respecto al valor reportado por el método de Química Húmeda (Cuadro 5). Según Vila (2000) los valores promedios de %PC en pasturas tropicales como *Megathyrus maximus* cv. Tobiata en Zamorano, oscilan entre 11.69% durante la época seca y 13.61% durante la época lluviosa, siendo los valores obtenidos por el software TaurusWebs los que más se acercan a lo señalado por este autor con 3.08% por encima del valor recomendado para el ciclo I y 4.5% para el ciclo II respectivamente, mientras que los resultados de laboratorio presentaron un 51.07% de desviación por debajo de lo recomendado con respecto al ciclo I y 57.23% para el ciclo II.

Cuadro 5

Comparación de los valores de Porcentaje de Proteína Cruda (%PC) entre los tratamientos para cada ciclo de pastoreo.

Tratamiento	Ciclo I		Ciclo II	
	PC (%)	EE±	PC (%)	EE±
TaurusWebs	14.03	1.10	14.23	0.83
Laboratorio	6.66	0.24	7.79	0.30
Probabilidad	<0.0001		<0.0001	

Nota. Diferencia significativa $P \leq 0.05$; PC (%) = Porcentaje de Proteína Cruda

Energía Neta de Lactancia (ENL, Mcal/kg MS)

Para la variable Energía Neta de Lactancia (ENL, Mcal/kg MS), se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos (TaurusWebs y método de Química Húmeda) para cada ciclo de pastoreo (I y II) (Cuadro 6); en este caso, los valores obtenidos mediante el software superaron los datos reportados por el método de laboratorio. Miranda Mejia y Osorio Aparicio (2012) indican que el rango promedio de ENL para pasturas tropicales en Zamorano oscila entre 0.7 y 1.1 Mcal/kg

MS, mientras que para *Megathyrus maximus* cv. Tobiata el valor promedio es de 0.84 Mcal/kg MS, lo que difiere para los valores de TaurusWebs en 35.71% (ciclo I) y 36.9% de desviación por encima de lo reportado por Miranda y Osorio (2012), a diferencia de los resultados del laboratorio que presentan variaciones por debajo de lo consultado de 10.71% para el ciclo I y 46.43% para el ciclo II. En todos los ciclos, los valores obtenidos a través del software TaurusWebs superaron los datos reportados por el laboratorio bajo el método Química Húmeda. Sin embargo, es importante destacar que ambos tratamientos difieren de lo reportado por los autores mencionados. Siendo el tratamiento del software TaurusWebs el que presenta mayor homogeneidad en los resultados a lo largo de todos los ciclos de pastoreo, los cuales se aproximan a los valores planteados por Castrejón Pineda et al. (2021) quienes indican que la ENL para *Megathyrus maximus* cv. Tobiata es de 0.93 Mcal/kg MS, 22.5% y 23.65% por debajo de los resultados emitidos por TaurusWebs. En contraste, los resultados emitidos por el laboratorio presentan diferencias entre los ciclos de pastoreo, no obstante, es importante mencionar que los valores obtenidos por el método Q.H en el ciclo I de pastoreo se asemejan más a los valores planteados por Miranda Mejía y Osorio Aparicio (2012).

Cuadro 6

Comparación de los valores de Energía Neta de Lactancia (ENL, Mcal/kg MS) entre los tratamientos para cada ciclo de pastoreo.

Tratamiento	Ciclo I		Ciclo II	
	ENL (Mcal)	EE±	ENL (Mcal)	EE±
TaurusWebs	1.14	0.03	1.15	0.02
Laboratorio	0.75	0.01	0.45	0.03
Probabilidad	<0.0001		<0.0001	

Nota. Diferencia significativa $P \leq 0.05$; ENL= Energía Neta de Lactancia (Mcal/kg MS)

Porcentaje de Fibra Neutro Detergente (%FND)

En el Cuadro 7 se muestran los valores del porcentaje de Fibra Neutro Detergente (%FND) para los distintos tratamientos, en cada ciclo de pastoreo (I y II); en donde se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$). En esta ocasión, los datos obtenidos mediante el método de Química Húmeda

(Q.H) presentaron valores más altos en comparación con los reportados por el software. Los datos obtenidos mediante el método Q.H se asemejan más a los valores reportados por Guerra Narváez (2016) los cuales fueron de 67.6% a 21 días de corte y 68.10% a 24 días de corte, esta información se basa en un periodo de canícula, lo que implica que los datos corresponden a la época seca, estos resultados se asemejan al promedio de contenido de fibra neutro detergente (%) establecido por Vila (2000) para la época seca, el cual es de 66.31%, valor que se aproxima en 3.8% (ciclo I) y 1.16% (ciclo II) a lo reportado por el tratamiento Química Húmeda para ambos ciclos de pastoreo. Sin embargo, esta investigación se desarrolló principalmente durante la época lluviosa por lo cual el valor promedio para esta época es de 58.19%, dato que se aproxima a los resultados obtenidos mediante el tratamiento TaurusWebs en 1.51% en el ciclo I y 1.89% por debajo de lo sugerido, en contraste con las desviaciones presentadas por Q.H que varían en 18.28% (ciclo I) y 12.63% (ciclo II) por encima de los valores consultados. La variación de los datos en estas investigaciones es atribuido a la diferentes épocas del año, debido a que en cada una se presentan condiciones que favorecen o perjudican los factores nutricionales de las pasturas, tal como lo señala Vélez et al. (2003) en su investigación; los contenidos de FND, FAD y lignina disminuyen en la época lluviosa debido a la presencia constante de nubosidad lo cual afecta directamente la captación de luz por parte de la pastura, haciendo así más lento el desarrollo de estas, caso contrario en la época seca, como lo indica el mismo autor, en esta época por el aumento de temperatura y mayor presencia de radiación solar, el proceso de maduración de los pastos se incrementa al igual que la producción, sin embargo, este proceso acelerado de maduración genera un aumento en los valores de FND, FAD y lignina, afectando directamente la digestibilidad del pasto. En este contexto los datos encontrados en la investigación referentes al ciclo I (periodo con mayor precipitación) y el ciclo II (periodo con menor precipitación) muestran un comportamiento contrario a los reportados por los autores antes mencionados, esto debido a que la radiación solar reportada para el periodo del ciclo I fue mayor (220.09 W/m^2) con respecto a la del ciclo II (185.64 W/m^2), lo que generó que se presentara un mayor valor para esta época.

Cuadro 7

Comparación de los valores de Porcentaje de Fibra neutro Detergente (%FND) entre los tratamientos para cada ciclo de pastoreo.

Tratamiento	Ciclo I		Ciclo II	
	FND (%)	EE±	FND (%)	EE±
TaurusWebs	57.31	1.24	57.09	0.94
Laboratorio	68.83	0.64	65.54	0.65
Probabilidad	<0.0001		<0.0001	

Nota. Diferencia significativa $P \leq 0.05$; FND (%)= Porcentaje de Fibra Neutro Detergente

Porcentaje de Fibra Ácido Detergente (%FAD)

Para la variable de porcentaje de fibra ácido detergente (%FAD) se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos (TaurusWebs y prueba Química Húmeda) para cada ciclo de pastoreo (I y II), presentando el tratamiento Química Húmeda valores superiores con respecto a los valores obtenidos por el tratamiento TaurusWebs (Cuadro 8). De acuerdo con Arce Ramírez (2016) se esperan valores de fibra ácido detergente (%) de 37.5% para *Megathyrus maximus* cv. Tobiata. En este caso, el tratamiento Química Húmeda presentó valores más cercanos a lo sugerido por este autor en 2.37% (ciclo I) y 2.24% (ciclo II) de desviación por encima, en contraste con lo reportado por TaurusWebs que varía en 22.8% y 21.04% por debajo. Así mismo, Miranda Mejia y Osorio Aparicio (2012) reportaron en su estudio realizado en Zamorano que el valor de FAD (%) para gramíneas tropicales, específicamente para Tobiata es de 41.35%, considerándose los valores obtenidos por el tratamiento Química Húmeda los que más se relacionaron al dato citado en 7.15% y 11.34% por encima de lo recomendado (ciclo I y II). Al igual que para la variable FND (%), los contenidos de FAD (%) reportados para el ciclo I son mayores a los reportados en el ciclo II a pesar de que las precipitaciones fueron mayores en el ciclo I, esto debido al efecto que tiene la radiación solar en la calidad de las pasturas; según los datos reportados por la estación climatológica Zorales de Zamorano, para el año 2022 en los meses que se desarrolló el experimento, la radiación solar promedio para el ciclo I (agosto – octubre) fue de 220.09 W/m² y para el ciclo II (octubre – diciembre)

fue de 185.64 W/m², esto influyó directamente en el contenido de FAD (%) en las pasturas, ya que, los constituyentes de la pared celular (FDN y FDA) incrementan significativamente al disminuir los niveles de sombra, es decir, al aumentar los niveles de radiación solar e impactar directamente sobre las pasturas (Obispo et al. 2008).

Cuadro 8

Comparación de los valores de Porcentaje de Fibra Ácido Detergente (%FAD) entre los tratamientos para cada ciclo de pastoreo.

Tratamiento	Ciclo I		Ciclo II	
	FAD (%)	EE±	FAD (%)	EE±
TaurusWebs	28.95	1.36	29.61	0.92
Laboratorio	38.39	0.65	36.66	0.79
Probabilidad	<0.0001		<0.0001	

Nota. Diferencia significativa $P \leq 0.05$; FAD (%)= Porcentaje de Fibra Ácido Detergente

Comparación Entre los Valores Obtenidos del Algoritmo Dron Bromatológico Digital del Software TaurusWebs V2023® Versus los Resultados del Análisis de Laboratorio por medio del Método de Química Húmeda (Q.H)

Se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) al comparar los resultados entre los tratamientos TaurusWebs y el método de laboratorio Química Húmeda; el tratamiento TaurusWebs presentó valores superiores a los reportados por el método de Química Húmeda (Cuadro 9). Las muestras analizadas por el laboratorio DairyOne fueron descritas como “Dry Hay” (Heno Seco), por lo cual, según los datos disponibles en la base de datos en línea del laboratorio DairyOne, establecen que los valores de referencia para análisis químico del contenido nutricional de las gramíneas varían en los siguientes rangos: PC (%) oscilan entre 8.072 y 14.54, FND (%) 53.55 y 65.42, FAD (%) 32.95 y 41.09 y ENL (Mcal/kg MS) 1.10. Así mismo, definen valores promedios específicos de calibración para cada variable siendo PC (%) 11.30, FND (%) 59.49, FAD (%) 37.02 y ENL (Mcal/kg MS) 1.10. Los resultados reportados por el tratamiento TaurusWebs para la variable fibra neutro detergente (%) se asemejan a los datos reportados por la base de datos al igual que la variable energía neta de lactancia

(Mcal/kg MS) y que, además, presentó valores similares a los sugeridos por Vásquez et al. (2014). En cuanto a la variable fibra ácido detergente, el tratamiento de laboratorio Química Húmeda presentó valores similares a los sugeridos por el laboratorio DairyOne. Sin embargo, en el caso de la variable de proteína cruda (%), ambos tratamientos difieren de los valores mencionados anteriormente, aunque el tratamiento TaurusWebs muestra valores más cercanos. Es importante mencionar que los contenidos de PC (%) en el presente experimento para el tratamiento TaurusWebs presentaron tendencias similares a las que fueron reportadas en Zamorano por Vila (2000), en donde plantea valores promedios de 11.69% durante la época seca y 13.61% durante la época lluviosa. Esto se justifica ya que la mayoría del tiempo el experimento se llevó a cabo en época lluviosa.

Esta diferenciación de los datos presentados para cada tratamiento es atribuida al desarrollo de biomasa y aumento progresivo que presenta la pastura. De acuerdo con Schnellmann et al. (2020) el contenido de FND mantiene una relación directamente proporcional con la altura atribuyendo así un aumento en la producción de biomasa aérea y un mayor alargamiento de los tallos, lo cual va acompañado de un engrosamiento de tallo a medida que avanzan los días, por tal razón, la obtención de la muestra que era recolectada a una altura de 30 cm desde la base del suelo mantenía un alto porcentaje de material de tallo lo cual generó que los resultados del laboratorio presentaran valores elevados de FND y FAD. Por otro lado, el software al hacer una recolecta de dato por medio de fotografía que se realizó a 100 metros de altura con un ángulo de 90° hacia abajo, mayormente considera la biomasa aérea y este al funcionar por medio de la captación de los estratos fotosintéticos de la planta permitió captar un mayor contenido celular que se observa con los valores de PC (%) y ENL (Mcal/kg MS).

Cuadro 9

Comparación de los valores entre tratamientos para las variables evaluadas: Porcentaje de Proteína Cruda (%PC), Energía Neta de Lactancia (ENL, Mcal/kg MS), Porcentaje de Fibra Neutro Detergente (%FND) y Porcentaje de Fibra Ácido Detergente (%FAD) durante el experimento.

Tratamiento	PC (%)	EE±	ENL (Mcal)	EE±	FND (%)	EE±	FAD (%)	EE±
TaurusWebs	14.13	0.68	1.14	0.02	57.20	0.77	29.27	0.82
Laboratorio	7.21	0.21	0.6	0.03	67.22	0.52	37.55	0.52
Probabilidad	<0.0001		<0.0001		<0.0001		<0.0001	

Nota. Diferencia significativa $P \leq 0.05$; PC (%)= Porcentaje de Proteína Cruda; ENL= Energía Neta de Lactancia (Mcal/kg MS); FND (%)=

Porcentaje de Fibra Neutro Detergente; FAD (%)= Porcentaje de Fibra Ácido Detergente.

Evaluación del Desempeño Productivo de Novillos de Engorde por medio de Valores de Peso Inicial, Peso Final Y Ganancia Diaria de Peso (GDP) en Cuanto a la Composición Racial.

En el cuadro 10 se presentan los valores: Peso Inicial, Peso Final y Ganancia Diaria de Peso (GDP), utilizados para evaluar el desempeño productivo que presentaron los novillos de engorde durante el experimento, donde se obtuvo un incremento lineal de los valores a medida que se desarrolla el experimento, siendo los valores reportados por los animales encastados superiores a los obtenidos por la raza Brahman, esto atribuido a la heterosis que presentan los animales encastados, permitiendo que se desempeñen de mejor manera debido a las características genéticas múltiples que presentan, tal como menciona Rojas (1986) que por medio de cruzamiento se pudo aumentar hasta un 18% la productividad en comparación con una raza pura. Además, las condiciones a las que son expuestos los animales tienen un impacto directo en el desempeño tal como menciona Tarazona et al. (2012) que si se presenta una incomodidad o un esfuerzo adicional por parte de los animales estos reducirán significativamente el consumo de forraje, sin embargo, si las condiciones en los potreros son favorables permitirá que se mejore el contenido nutricional de las pasturas, al mismo tiempo que permitirá una eficientización en el balance de raciones y la elaboración de suplementación estratégica, lo cual se traduce en un aumento del consumo voluntario de los animales y por ende aumento en los valores de peso y ganancia diaria de peso (GDP).

Los valores obtenidos fueron adecuados para un sistema de producción de carne semiestabulado e incluso estos superan a los reportados por Incer Aviles y Zeledon Sosa (2015) quienes en su investigación reportan valores de peso promedio de 254 kg y una ganancia diaria de peso de 0.58 Kg.

Cuadro 10

Evaluación comparativa entre los valores: Peso Inicial (PI), Peso Final (PF) y Ganancia Diaria de Peso (GDP) en función de la composición racial por cada ciclo de pastoreo en el sistema de producción.

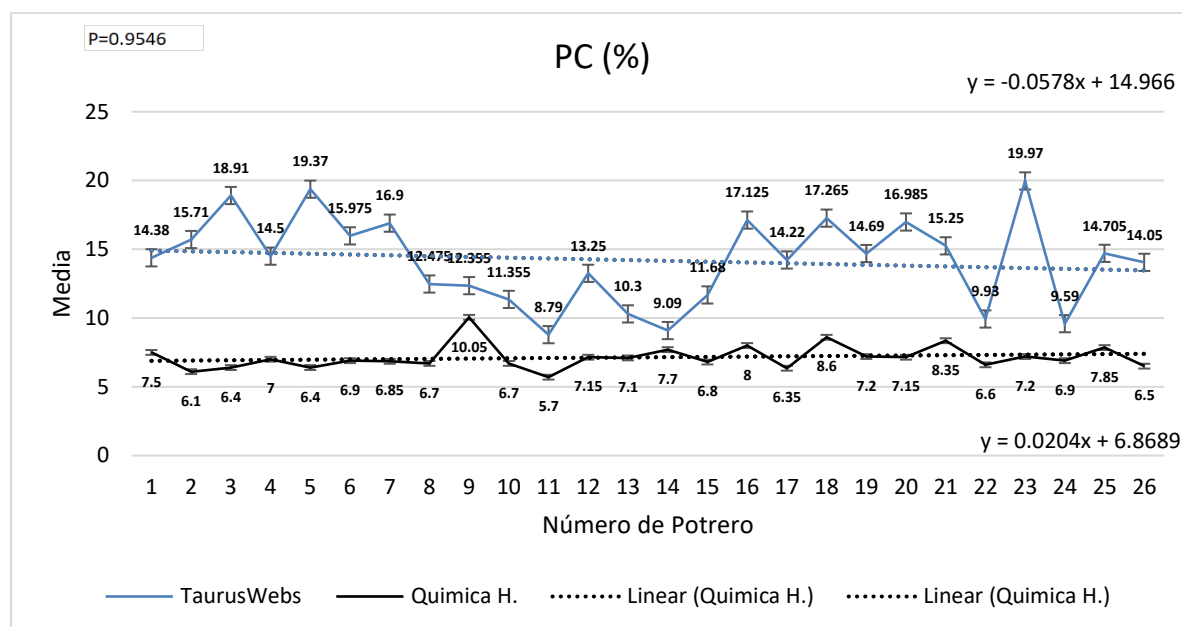
Raza	Ciclo I		Ciclo II	
	Peso Inicial (kg)	EEM±	Peso Inicial (kg)	EEM±
Brahman	226.12	14.79	255.68	16.71
Encaste	270.11	9.70	306.82	10.12
Probabilidad	0.014		0.0044	
	Peso Final (kg)	EEM±	Peso Final (kg)	EEM±
Brahman	255.68	16.71	316.46	19.51
Encaste	306.82	10.12	376.88	11.75
Probabilidad	0.0114		0.0029	
	GDP (kg)	EEM±	GDP (kg)	EEM±
Brahman	0.52	0.04	0.92	0.05
Encaste	0.65	0.03	1.06	0.03
Probabilidad	0.0416		0.0252	

Nota. Diferencia significativa $P \leq 0.05$; EEM= Error Estándar de la Media; GDP= Ganancia Diaria de Peso

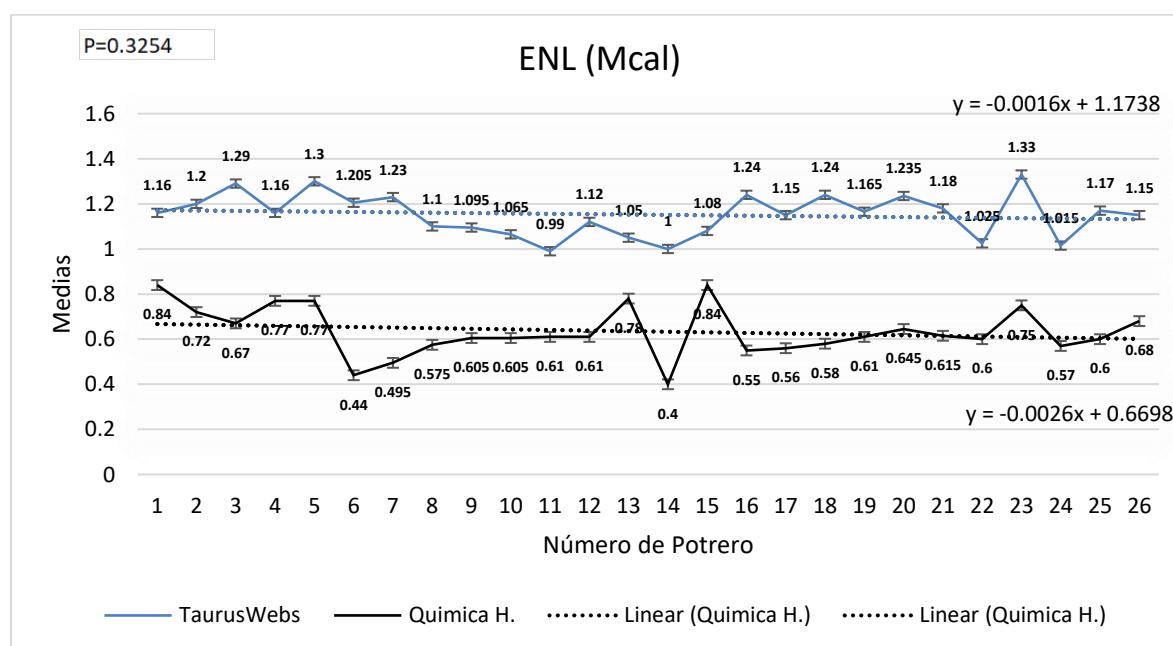
En las figuras 2 y 3 se grafica el Modelo Lineal General (MLG) de la variación de medias entre los valores obtenidos por ambos tratamientos para las variables PC (%) y ENL (Mcal/kg MS) en cuanto a cada potrero del circuito de pastoreo durante el experimento. En donde se establecen los coeficientes que mejor se ajusten a los datos observados, asimismo, las fórmulas para las variables predictoras a partir de los resultados obtenidos por los tratamientos: TaurusWebs y Laboratorio. Los valores obtenidos por TaurusWebs presentan mayor variación en comparación por los emitidos por el laboratorio, esto debido probablemente a factores humanos y ambientales tales como: toma de fotografía (calidad, tiempo y hora), niveles altos de luminosidad, nubosidad, entre otros.

Figura 2

Modelo Lineal General (MLG) para la variable porcentaje de proteína cruda (%PC) entre los tratamientos TaurusWebs y Química Húmeda por cada potrero de pastoreo.

**Figura 3**

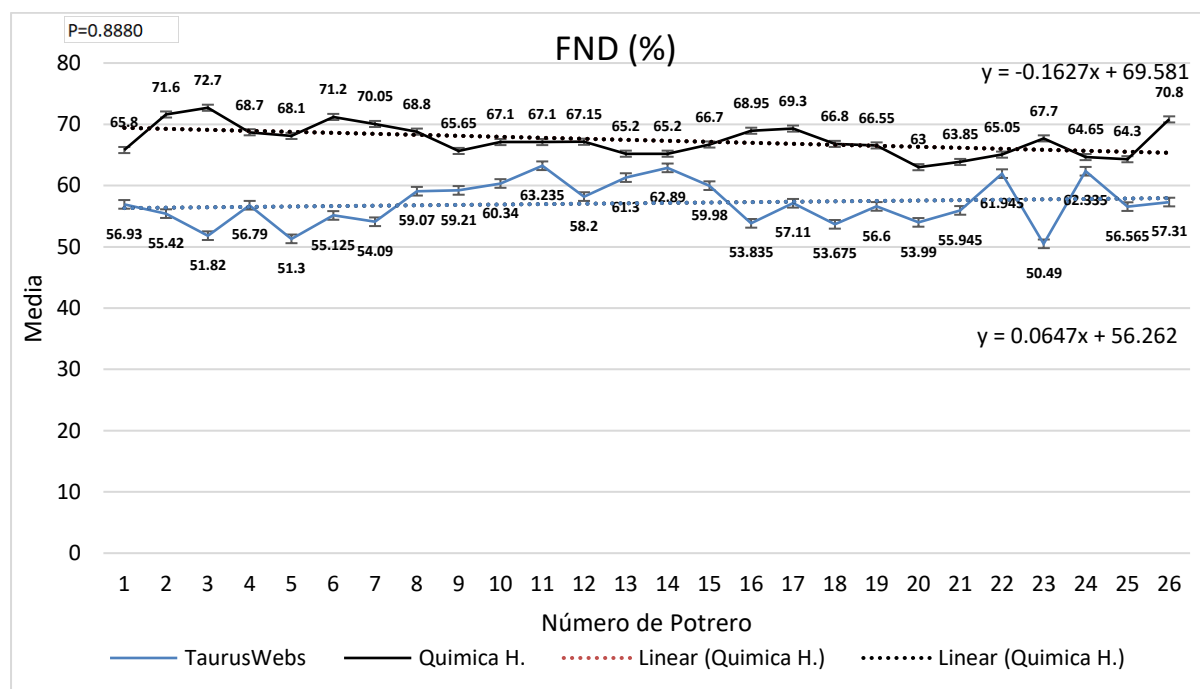
Modelo Lineal General (MLG) para la variable energía neta de lactancia (ENL) entre los tratamientos TaurusWebs y Química Húmeda por cada potrero de pastoreo.



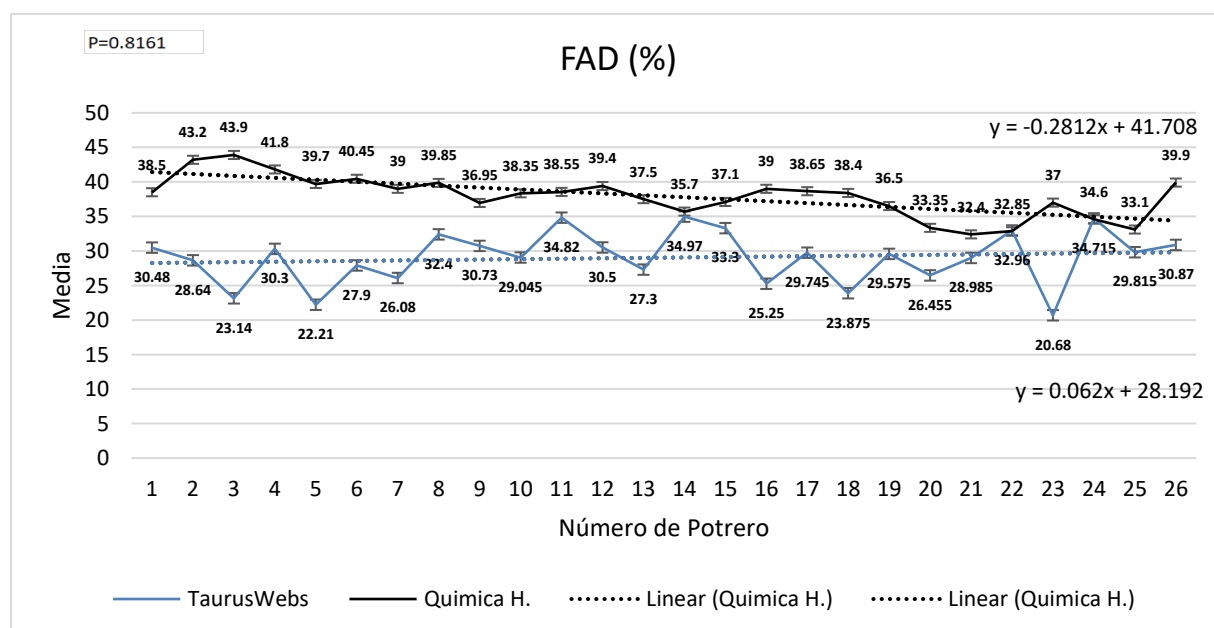
En las figuras 4 y 5 se grafica el Modelo Lineal General (MLG) con respecto a las medias obtenidas por ambos tratamientos para las variables FND (%) y FAD (%) por cada potrero en todos los ciclos del sistema PRV, en donde se presentan las fórmulas para las variables predictoras a partir de los resultados obtenidos por los tratamientos: TaurusWebs y Laboratorio, con el objetivo de definir valores predictivos en caso de que las condiciones sean las mismas con el transcurso del tiempo y a partir de ello tomar decisiones. Asimismo, se demuestra un comportamiento similar para la variable de FDN (%), caso contrario para la variable FAD(%); Sin embargo, los valores del tratamiento Química Húmeda superan a los valores presentados por el software TaurusWebs. Esta diferencia probablemente radica en el muestreo ya que, para estas variables, las muestras enviadas al laboratorio representaban la biomasa del potrero a una altura de corte 30 cm, lo que incluía hojas y tallos aumentando de este modo los contenidos de fibra reportados por el laboratorio. En contraste, las fotografías para análisis digital tomadas con el dron a una altura de 100 metros reflejaban directamente el follaje de las pasturas, por lo cual reportó valores menores del contenido de fibra.

Figura 4

Modelo Lineal General (GLM) para la variable porcentaje de fibra neutro detergente (%FND) entre los tratamientos TaurusWebs y Química Húmeda por cada potrero de pastoreo.

**Figura 5**

Modelo Lineal General (MLG) para la variable porcentaje fibra ácido detergente (%FAD) entre los tratamientos TaurusWebs y Química Húmeda por cada potrero de pastoreo.



Conclusiones

Se validó la función del software TaurusWebs V2023® para el análisis bromatológico digital en la predicción del contenido nutricional de pasturas implementando un sistema de Pastoreo Racional Voisin, cuyos resultados presentaron diferencias en comparación con los resultados emitidos por el laboratorio.

Se evaluó el comportamiento nutricional de las pasturas a través de pruebas análisis de laboratorio por medio del método de química húmeda.

El desempeño productivo de novillos de engorde fue evaluado mediante valores de peso y ganancia diaria de peso (GDP); estos resultados representan la efectividad del sistema de producción de carne semiestabulado, en el cual se integró un circuito de pastoreo racional Voisin y la suplementación estratégica de los requerimientos nutricionales. Los resultados en esta investigación son similares a los rangos históricos en Zamorano para este tipo de producción.

Recomendaciones

Realizar el muestreo a diferentes alturas de corte en las pasturas. Esto permitirá mayor representatividad en las muestras y los resultados emitidos tanto por el laboratorio como por el software serán más precisos para todas las variables analizadas.

Proyectar la producción de carne y formulación de dietas (suplementación estratégica) en base a los resultados reportados por el software TaurusWebs V2023®, con el fin de validar sus funciones en intervalos de tiempo determinados.

Evaluar los resultados de otros laboratorios de pasturas tropicales por métodos de Espectrometría de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS) y análisis de Química Húmeda versus valores emitidos por TaurusWebs V2023®, con el objetivo de obtener calibraciones para el software.

Referencias

- Arce Ramírez WA. 2016. Análisis de correlación y regresión entre la metodología de producción de gas y la ecuación mecanicista del Consejo Nacional de Investigación, EE. UU., (NRC 2001) para determinar el contenido energético in vitro de forrajes. [Proyecto especial de graduación]. Costa Rica: Universidad de Costa Rica. 80 p; [consultado el 24 de jun. de 2023]. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr/jspui/bitstream/123456789/4394/1/41417.pdf>.
- ATRIA Innovation. 2021. Agricultura 4.0. Nuevas tecnologías en la agricultura. ATRIA Innovation; [consultado el 23 de ene. de 2023]. <https://www.atriainnovation.com/agricultura-4-0-nuevas-tecnologias-en-la-agricultura/>.
- Bautista-García G, López-Ortíz S, Pérez-Hernández P, Murillo-Cuevas FD, Ortega-Jiménez E, López-Collado CJ. 2022. Estudio preliminar del pastoreo racional Voisin como herramienta para mejorar las condiciones del suelo después del pastoreo extensivo. *Terra Latinoam.* 40. doi:10.28940/terra.v40i0.893.
- Castrejón Pineda FA, Corona Gochi L, Rosiles Martínez R, Martínez Pérez P, Lorenzana Moreno AV, Arzate Vázquez LG, Olivos Aguilar P, Guzmán Solís S, García Pérez Á, Avilés Nieto JN, et al. 2021. *Características_Nutrimientales*. 1ª ed. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de Mexico. 223 p. ISBN: 978-607-30-4787-6; [consultado el 23 de jun. de 2023]. https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/publicaciones/archivos/Características_Nutrimientales.pdf.
- Estrada Botero A, Padilla Herrera GA. 2021. Evaluación comparativa del desarrollo de toretes en dos grupos raciales mediante un sistema semi-estabulado [Proyecto especial de graduación]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 28 p; [consultado el 27 de jun. de 2023]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/1f212868-4467-41fd-a0fd-93f5cd8587e4/content>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2023. La ganadería y el medio ambiente. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 23 de ene. de 2023; consultado el 23 de ene. de 2023].
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., et al. 2013. Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. [sin lugar]: [sin editorial]. 153 p. ISBN: 978-92-5-307921-6; [consultado el 29 de jun. de 2023].
- Gerber P. 2013. Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 115 p. ISBN: 978-92-5-107921-8; [consultado el 23 de ene. de 2023]. <https://www.fao.org/3/i3437e/i3437e.pdf>.
- Guerra Narváez CA. 2016. Efecto de la edad de corte en la productividad de los pastos Mulato II (*Brachiaria híbrido* cv. CIAT 360S7), Cayman (*Brachiaria híbrido* cv. CIAT BR 02/1752) y Tobiata (*Panicum máximum*) en Zamorano, Honduras [Proyecto especial de graduación]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 25 p; [consultado el 22 de jun. de 2023]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/390956d9-9a7d-49ab-97dd-7f3f61f94086/content>.

- Incer Aviles J, Zeledon Sosa LE. 2015. Evaluación de Profosmin Vita® en el desempeño de becerros pos destete en ganado de carne [Proyecto especial de graduación]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 17 p; [consultado el 27 de jun. de 2023]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/0e90e575-a8ae-4543-b9a1-d3051d8a3c4b/content>.
- Miranda Mejia JL, Osorio Aparicio JL. 2012. Análisis de gramíneas tropicales y simulación de producción potencial de leche [Proyecto especial de graduación]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 33 p; [consultado el 22 de jun. de 2023]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/3ee4b7b9-c575-47e5-a0f9-4af4aff56f72/content>.
- Núñez-Arroyo JM, Jiménez-Castro JP, Tobía-Rivero CM, Arias-Gamboa LM, Jiménez-Alfaro E, Padilla-Fallas JE. 2022. Efecto de la edad de rebrote y época del año sobre la biomasa y calidad bromatológica en gramíneas utilizadas en tres zonas agroclimáticas de Costa Rica (I PARTE). *Nut. Anim. Trop.* 16(1):31–52. doi:10.15517/nat.v16i1.50370.
- Obispo NE, Espinoza Y, Gil JL, Ovalles F, Rodríguez MF. 2008. Association's meeting after half a year. *Sairaanhoitaja*; [consultado el 29 de jun. de 2023]. 3(26):1-4. fin. file:///C:/Users/guillermo.reyes/OneDrive%20-%20Zamorano/Desktop/tesis/EFEECTO_DEL_SOMBREADO_DE_P._MAXIMUM_SOBRE_LA_CALIDAD%5B1%5D.pdf.
- Rodolfo Nallar, José Luis Mollericon, Wolf Rolon Roth. 2017. Manual para la gestión de una ganadería sostenible. [sin lugar]: [sin editorial]. ISBN: 978-99974-925-0-0. https://www.researchgate.net/publication/316487550_Manual_para_la_gestion_de_una_ganaderia_sostenible.
- Rojas C. 1986. Hibridismo en producción de carne; [consultado el 19 de jul. de 2023]. 5(4):24–27. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/39334/NR04827.pdf?sequence=1>.
- Schnellmann LP, Verdoljak JJO, Bernadis A, Martínez-Gonzalez JC, Castillo-Rodríguez SP, Limas-Martínez AG. 2020. Frecuencia y altura de corte sobre la calidad del *Megathyrus maximus* (cv. Gattón panic). *CTA*; [consultado el 27 de jun. de 2023]. 21(3):1–11. doi:10.21930/rcta.vol21_num3_art:1402.
- Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar TD, Castel V, Rosales M. M, Haan C de. 2006. *Livestock's long shadow: Environmental issues and options*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 390 p. ISBN: 978-92-5-105571-7; [consultado el 23 de ene. de 2023]. <https://www.fao.org/3/a0701e/a0701e.pdf>.
- Tarazona, Ariel M, Ceballos, María C, Naranjo, Juan F, Cuartas, César A. 2012. Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*; [consultado el 27 de jun. de 2023]. (25). <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295024923015.pdf>.
- Vásquez DR, Abadía B, Arreaza LC. 2014. Aplicación de la Espectroscopía de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS) para la caracterización nutricional del pasto Guinea y del grano de maíz. *CTA*. 5(1):49–55. es_ES. <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/24>. doi:10.21930/rcta.vol5_num1_art:24.
- Vélez M, Berger N. 2011. *Producción de Forrajes en el Trópico*. Primera. Universidad Zamorano: [sin editorial]. ISBN: 1-885995-69-5; [consultado el 1 de jul. de 2023].
- Vélez M, Marcucci J, Vila J, Santillán R. 2003. Variaciones estacionales en la producción y composición del pasto Guinea (*Panicum maximun*) cv. Tobiatá en El Zamorano, Honduras. *Ceiba*; [consultado

el 24 de jun. de 2023]. 44:1–10. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/d3f2e7c1-1c7c-4bf6-b86c-9a7d33f09ab8/content>.

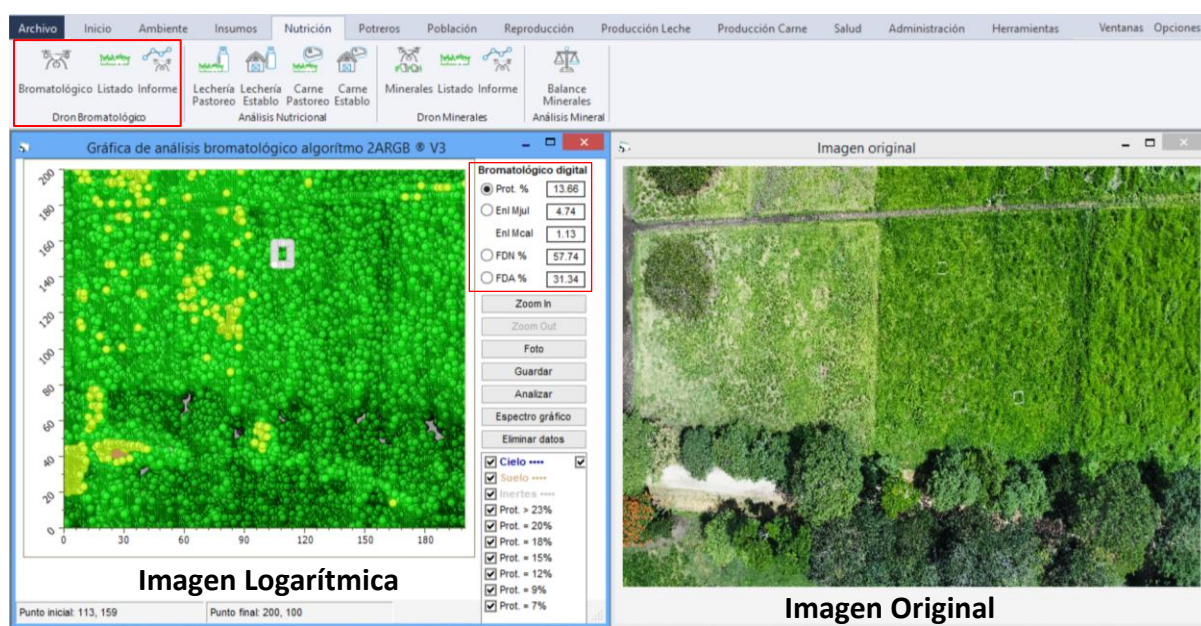
Vila R. 2000. Variaciones estacionales en la producción y composición del pasto Guinea (*Panicum maximum*) cv. Tobiata en Zamorano [Proyecto especial de graduación]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 34 p; [consultado el 22 de jun. de 2023]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/36319ba7-8483-4041-9c0f-c66538bb5af7/content>.

Anexos

Anexo A

Interfaz de la función dron bromatológico del software TaurusWebs V2023®, análisis de fotografías

RGB y resultados de PC (%), ENL (Mcal/kg MS), FND (%) y FAD (%)



Anexo B

Comparación fotografía ideal tomada a 100 metros de altura con un ángulo hacia debajo de 90° con luminosidad adecuada versus fotografía con alta luminosidad.



Anexo C

Identificación del cuadrante en el software mediante visualización de materia inerte en este caso un cuadrante de PVC (cuadro rojo) desactivando las funciones de proteínas de diferentes porcentajes (cuadro rojo).

