

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



Proyecto Especial de Graduación  
**Calibración y validación del algoritmo del programa TaurusWebs para análisis  
bromatológico en pasturas**

Estudiantes

Jossely Marbella Núñez Saucedo

Sofía Abigail Suazo Serrano

Asesores

Isidro Matamoros Ph.D.

Celia Trejo Ph.D.

Honduras, Julio 2021

**Autoridades**

**TANYA MÜLLER GARCÍA**

Rectora

**ANA M. MAIER ACOSTA**

Vicepresidenta y Decana Académica

**CELIA ODILA TREJO**

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

**HUGO ZAVALA MEMBREÑO**

Secretario General

**Contenido**

Índice de Cuadros.....	4
Índice de Figura.....	5
Resumen .....	6
Abstract.....	7
Introducción.....	8
Materiales y Métodos.....	11
Localización del Estudio .....	11
Cultivo Forrajero .....	11
Pasto Tobiatá ( <i>Megathyrus maximus</i> Jacq.).....	11
Metodología de Muestreo.....	12
Variables Analizadas .....	14
Proteína Cruda (PC %).....	14
Energía Neta de Lactancia (ENL Mjul).....	14
Fibra Detergente Neutra (FDN %).....	14
Fibra Detergente Ácida (FDA%) .....	14
Diseño Experimental y Análisis estadístico.....	15
Resultados y Discusión.....	16
Proteína Cruda (PC%).....	16
Energía Neta de Lactancia (Mjul).....	16
Fibra Detergente Neutra (%).....	17
Fibra Detergente Ácida (%) .....	18
Conclusiones .....	22
Recomendaciones.....	23
Referencias.....	24

**Índice de Cuadros**

Cuadro 1 Medias de los rangos en el contenido de proteína cruda (PC%) para cada altura evaluada.....	15
Cuadro 2 Medias de los rangos en el contenido de energía neta de lactancia (ENL) para cada altura evaluada.....	17
Cuadro 3 Medias de los rangos en el contenido de fibra detergente neutra (FDN) para cada altura evaluada.....	17
Cuadro 4 Medias de los rangos en el contenido de fibra detergente acida (FDA) para cada altura evaluada.....	18
Cuadro 5 Contenido de proteína cruda (%), Energía neta de lactancia (Mjul), fibra detergente neutra (%) y fibra detergente acida (%) .....	19
Cuadro 6 Comparación entre altura de consumo, corte a 20 cm desde la base del suelo y planta total .....	21

**Índice de Figura**

Figura 1 Mapa del Circuito de pastoreo UAP nombrado "Mingos" en la UAP Ganado de Carne.....	11
---	----

## Resumen

La ganadería sostenible surge ante la necesidad del ser humano de lograr la eficiencia en la gestión de los sistemas productivos. En estos sistemas, los pastos conforman la principal fuente de nutrimentos para la alimentación de ganado bovino en las regiones tropicales. En el estudio se calibró y validó el algoritmo del programa TaurusWebs para análisis bromatológico del pasto Tobiata (*Megathyrsus maximus* Jacq.) Se evaluó la composición bromatológica de las siguientes variables: Proteína Cruda (PC%), Energía Neta de Lactancia (ENL), Fibra Neutra Detergente (FDN) y Fibra Ácido Detergente (FDA). La validación se realizó mediante la toma de fotografías a nueve alturas, utilizando un dron y mediante un análisis en laboratorio con el método de espectroscopía del infrarrojo cercano (NIRS, por sus siglas en inglés). No se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre las nueve alturas evaluadas. Los análisis bromatológicos mostraron diferencias significativas entre los cuatro variables analizadas. Se reportaron valores más altos en FDN y FDA con el método de NIRS y valores más bajos en PC y ENL. Mientras que en el análisis del algoritmo en TaurusWebs, se mostraron resultados más bajos en FDN y FDA y más altos en PC y ENL.

*Palabras clave:* Algoritmo, análisis, dron, NIRS.

### Abstract

Sustainable livestock production arises from the human need to achieve efficiency in the management of production systems. In these systems, pastures are the main source of nutrients for cattle feeding in tropical regions. The study calibrated and validated the algorithm of the TaurusWebs program for bromatological analysis of Tobiatá grass (*Megathyrsus maximus* Jacq.) The bromatological composition of the following variables was evaluated: Crude Protein (CP%), Net Energy from Lactation (ENL), Neutral Detergent Fiber (NDF) and Acid Detergent Fiber (ADF). Validation was performed by taking photographs at nine altitudes, using a Drone and by laboratory analysis with the Near Infrared Spectroscopy (NIRS) method. No differences ( $P > 0.05$ ) were found among the nine heights evaluated. Bromatological analyses showed significant differences among the four variables analyzed. Higher values in NDF and ADF were reported with the NIRS method and lower values in CP and ENL. While the TaurusWebs algorithm analysis showed lower results for NDF and FDA and higher results for CP and ENL.

*Keywords:* Algorithm, analysis, drone, NIRS.

## Introducción

La ganadería sostenible surge ante la necesidad del ser humano de buscar la gestión eficiente de los sistemas productivos, esto mediante la adecuada administración de los recursos disponibles y con el fin de obtener una producción sostenible (Velasco 2017). La producción ganadera sostenible, debe convertirse en la norma en América Latina y el Caribe, logrando garantizar el cuidado de los recursos naturales como eje para avalar la seguridad alimentaria, es decir, proveer y garantizar la accesibilidad a los nutrientes requeridos (FAO 2016). Según el Banco Central de Honduras (BCH), el sector agropecuario lidera la generación de ingresos por divisas, por lo anterior, la ganadería es de alta importancia para la economía del país.

En Honduras la ganadería se lleva a cabo a lo largo de los 18 departamentos y es uno de los principales medios de vida de las familias hondureñas. Sin embargo, las prácticas utilizadas tradicionalmente para el manejo han sido inadecuadas, lo que conlleva a la generación de efectos negativos en el entorno (Gamma Catie 2016). Las principales limitaciones que han frenado el desarrollo de la ganadería en Honduras están ligadas a la estacionalidad en la disponibilidad de alimentos, sistemas de manejo tradicionales, deficiencias en sanidad, costos de producción altos, falta de capacitación técnica, limitado acceso al crédito, altos márgenes de intermediación en el mercado, ausencia de un sistema de registro ganadero y políticas públicas inadecuadas aplicadas al sector ganadero (Lopez et al. 2017).

Los pastos constituyen la principal fuente de nutrimentos para la alimentación de ganado bovino en las regiones tropicales, debido a esto la adecuada gestión del recurso forrajero es la herramienta principal para organizar y controlar los procesos productivos (Torres 2015). La alimentación de los rumiantes debe basarse en forraje, ya que es la fuente de alimento principal y más económico que existe (León et al. 2018). La principal fortaleza de los pastos tropicales radica en el alto potencial para producir materia seca, lo que los hace ideales para suministrar proteína, energía, minerales y vitaminas al ganado bovino (Sánchez 2007).

En condiciones de pastoreo, el consumo está controlado por limitantes ingestivas y digestivas, de esta manera toman importancia los factores relacionados al comportamiento ingestivo, entre estos resalta la capacidad del animal para mantener una alta tasa de consumo o bien, el incremento del tiempo de pastoreo para compensar los efectos de una tasa de consumo reducida cuando las condiciones estructurales de las pasturas sean limitantes (Oyhamburu et al. 2018).

La nutrición animal enfatiza en cuatro aspectos básicos que se deben tomar en cuenta para garantizar el óptimo desempeño productivo, entre estos se enumeran los requerimientos del animal, el contenido nutricional de los alimentos, su digestibilidad y la cantidad consumida por el animal (Haro 2002). El componente nutricional de rumiantes en pastoreo es un proceso complejo, dinámico y con características particulares. Los animales en teoría, deben consumir hasta satisfacer sus requerimientos nutricionales, sin embargo, el consumo total se ve limitado por factores físicos, fisiológicos, ambientales y estrategias de manejo tanto del animal como de la planta, así como de la planta (Tarazona et al. 2012).

Los análisis bromatológicos son indispensables para conocer el contenido nutricional de los alimentos, con estos se analiza químicamente la biomasa y se estima el contenido de nutrientes y su aporte potencial al metabolismo del animal (Lavet 2015). Realizar estos análisis, requiere de conocimientos en las técnicas experimentales de laboratorio, tiempo para realizar las pruebas y consecuentemente para tener los resultados, así como de recursos económicos para cubrir los costos (Guerra Acevedo y Lagos Lazo 2014).

Siguiendo esta línea, la ganadería de precisión mediante la combinación de las ciencias agropecuarias y el uso de las tecnologías de información y comunicación ha facilitado mejorar este propósito. Siendo así, la inclusión de tecnologías ha contribuido en el incremento de la producción animal (INCyTU 2018). Es por ello que, el desarrollo tecnológico ha permitido una mayor precisión en la creación y estudio de la información, mejorando la administración de los recursos (Diaz Abaunza 2021).

La necesidad de evaluar el contenido de nutrientes en las pasturas de forma rápida y práctica para la toma de decisiones ha llevado al desarrollo de software como TaurusWebs, esta es una herramienta que permite realizar diversos análisis de las pasturas; entre ellos, el análisis bromatológico. El análisis se realiza mediante la captura de imágenes aéreas utilizando la tecnología RGB (Red Green Blue) y el procesamiento de estas mediante algoritmos (Agrotendenciatv 2018).

TaurusWebs, es una tecnología que permite producir de manera masiva muestras instantáneas de la pastura y que incluyen en el análisis los contenidos de materia seca (MS, %), proteína cruda (PC, %), fibra detergente neutro (FDN, %), fibra detergente ácido (FDA, %) y energía neta de lactancia (ENL, MJul) (Ospina et al. 2020) Mediante estos análisis, se obtienen resultados de manera inmediata, lo que conlleva a la toma de decisiones en tiempo, permitiendo la búsqueda de soluciones antes de tener pérdidas. Es así como se pueden obtener mejores resultados en las producciones, reduciendo tiempo y costos. El objetivo de este estudio fue la calibración y validación del algoritmo de análisis bromatológicos del software Taurus Webs, mediante las fotografías del drone.

## Materiales y Métodos

### Localización del Estudio

El estudio se realizó en la unidad de aprendizaje y producción (UAP) de ganado de carne de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, ubicada a 800 msnm en el Valle del Yeguaré a 32 km al Sureste de Tegucigalpa, Honduras. La zona presenta temperaturas y precipitaciones medias anuales de 28 °C y 1,100 mm, respectivamente.

El área utilizada para la toma de datos corresponde al circuito de pastoreo nombrado "Mingos" (Figura 1), este circuito está dividido en 26 potreros con áreas aproximadas de 2250 m<sup>2</sup> de los cuales se seleccionaron 15 para realizar las evaluaciones.

### Figura 1

*Mapa del Circuito de pastoreo UAP nombrado "Mingos" en la UAP Ganado de Carne.*



### Cultivo Forrajero

#### ***Pasto Tobiata (Megathyrsus maximus Jacq.)***

Es una gramínea con amplia utilización en sistemas ganaderos del trópico, utilizada mayormente en sistemas de pastoreo directo, sin embargo, su uso también se aplica a sistemas de corte y conservación de forrajes. Se adapta a condiciones tropicales con precipitaciones entre 1000 y 3500 mm/año. Requiere suelos de media a alta fertilidad, con buen drenaje y con un rango de pH de 5-8.

El pasto Tobiata se establece de manera fácil mediante la siembra sexual por semilla, Comúnmente se siembra al voleo distribuyendo entre 6 a-8 kg de semilla por hectárea. Sus plántulas tienen alto vigor de crecimiento, por lo que es posible obtener una pastura con cobertura del 80%, esperando un tiempo de 90-120 días.

Generalmente los suelos para pastura en Honduras son pobres en N, P, K, es por esto la importancia de aplicar estos nutrientes al suelo. Se deben realizar los análisis de suelo para saber cuánto fertilizante utilizar.

El rendimiento oscila entre 28 y 33 ton/ha/año de materia seca (Martinez Coronado 2001) y su valor nutritivo depende del buen manejo y de las condiciones ambientales.

### **Metodología de Muestreo**

El estudio se llevó a cabo en 15 potreros del circuito de pastoreo Los Mingos, cada potrero con un área de 2,250 m<sup>2</sup>. En cada potrero se seleccionaron alturas de 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 125 y 150 metros. De forma aleatoria dos sitios donde se colocaron dos cuadrantes, cada uno con un área de 4 m<sup>2</sup> (2 × 2 m). Los cuadrantes establecidos se dividieron en cuatro sub cuadrantes, estas divisiones se hicieron con tubos de PVC y sacos de color rojo para obtener una mejor visualización a la hora de tomar las fotografías y procesarlas en el software.

Para la toma de fotografías se destinaron nueve alturas que fueron evaluadas posteriormente mediante el análisis de las variables. Las alturas seleccionadas para evaluación corresponden a 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 125 y 150 metros. En cada altura se tomaron tres fotografías antes de pastoreo para poder escoger entre esas, la de mejor enfoque y calidad. Estas fotografías fueron tomadas con un dron (MAVIC Mini 2), con configuración de balance de blancos equivalente a 5600k, que posteriormente fue modificado manualmente a 5000k por recomendaciones del fabricante.

A los datos obtenidos del bromatológico digital se les hizo los siguientes ajustes:

Proteína Cruda: se sumó 4.11%

ENL: se sumó 0.52 Mj/ul

FDN: se restó 4.64 %

FDA: el modelo de ajuste es cuadrático, al dato total de proteína después de corregido se aplicó la ecuación 1 (SADEP Ltda., 2021) como función de ajuste:

$$\text{FDA} = -0.0742 \times (\text{PC}^2) + (\text{PC} \times 0.8917) + 32.995 \quad [1]$$

Seguido a la toma de las fotografías, se utilizaron los mismos cuadrantes delimitados para la recolección de muestras de pasto, de estos cuadrantes, se cortaron cuatro submuestras a la altura de 20 cm sobre el nivel del suelo. El corte del pasto se realizó utilizando un machete y las muestras se amarraron con cuatro colores de cintas diferentes para garantizar la identificación de cada uno de los subcuadrantes.

Las muestras de pasto se picaron hasta obtener partículas finas y posteriormente se homogenizaron las cuatro submuestras obtenidas de cada cuadrante. Las muestras compuestas se colocaron en bolsas plásticas transparentes con su debida identificación, posteriormente se secaron en bolsas de papel utilizando un horno calibrado a temperatura de 65 °C durante un período de 48 horas. Una vez que la muestra estaba seca, se separó una muestra representativa de 60 g, estas fueron enviadas al laboratorio Dairy One, Inc., Nueva York, EUA. Las muestras se analizaron mediante espectroscopía del infrarrojo cercano (NIRS, por sus siglas en inglés) para el respectivo análisis bromatológico (PC%, ENL Mjúl, FDN%, FDA%).

Asimismo, al tener identificadas las imágenes tomadas por cada potrero y a las diferentes alturas, se realizó el análisis de composición bromatológica en la sección de nutrición en el software TaurusWebs por medio del algoritmo para análisis de imágenes (AAIRGB) para la obtención de las cantidades de PC, ENL, FDN Y FDA que pertenecían del pasto.

Posteriormente se decidió realizar otro muestreo, donde se seleccionaron 10 macollas aleatoriamente, escogiendo tres plantas por cada macolla. A las cuales se les tomó tres fotografías, tomando la primera a la planta entera, la segunda cortando 20 cm de la planta desde e nivel del suelo

y la última se tomó estimando la fracción de consumo por los animales. Estas se evaluaron mediante TaurusWebs por el método AAIRGB.

Se realizó una comparación entre los datos obtenidos mediante TaurusWebs y los obtenidos mediante el laboratorio, realizando la comparación entre los resultados de las variables analizadas: Proteína Cruda (PC%), Energía Neta de Lactancia (ENL, Mjul), Fibra Detergente Neutra (FDN%) y Fibra Detergente Ácida (FDA%).

## **Variables Analizadas**

### ***Proteína Cruda (PC %)***

La proteína es un nutriente esencial en el organismo y adquiere especial importancia para los animales que se encuentran en crecimiento y producción (INIA 2008). La proteína cruda de los forrajes se divide en proteína verdadera y nitrógeno no proteico. La proteína verdadera de los forrajes constituye del 60% al 80% del nitrógeno total y, el resto está conformado por el nitrógeno no proteico, soluble y por pequeñas cantidades de nitrógeno lignificado (Intagri 2018).

### ***Energía Neta de Lactancia (ENL Mjul)***

La ENL es la cantidad de energía necesaria por parte del animal para producir leche después de suplir los requerimientos de mantenimiento. Se expresa en Mcal/kg o Mjul/kg de MS (Larios 2016).

### ***Fibra Detergente Neutra (FDN %)***

Es la pared celular total que está compuesta por la fracción de la FDA más la hemicelulosa. Cuanto mayor sea el contenido de Fibra Detergente Neutra (FDN) de un forraje menor será su consumo (Choque et al. 2018).

### ***Fibra Detergente Ácida (FDA%)***

Hace referencia a las porciones de pared celular del forraje que están compuestas de celulosa y lignina (FOSS 2018). Esta fracción es un indicador indirecto del grado de digestibilidad del forraje: cuanto más alta, menos digestible (Gallardo 2007).

**Diseño Experimental y Análisis estadístico**

Se realizó diseño Completo al Azar (DCA), utilizando dos tratamientos y 15 unidades experimentales, considerando cada potrero como una unidad experimental con medidas tomadas de forma independiente. Se utilizó la prueba “t” de Student para correlación de variables, también se hizo uso del método de diferencia mínima (LSD y PDIFF) haciendo uso del programa de análisis estadístico “Statistical Analysis System” (SAS 2021).

## Resultados y Discusión

### Comparación entre Alturas

#### *Proteína Cruda (PC%)*

En el Cuadro 1, se presentan los resultados de Proteína Cruda (PC%) de las nueve diferentes alturas evaluadas por el programa TaurusWebs, entre las cuales no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ). Según Vila (2000) el contenido de proteína cruda en el pasto Tobiata (*Megathyrus maximus* Jacq.) en Zamorano es de 13.60% en la época lluviosa y de 11.70% en la época seca.

#### **Cuadro 1**

*Medias de los rangos en el contenido de proteína cruda (PC%) para cada altura evaluada.*

Altura (m)	Media	Mínimo	Máximo
10	1.97	0.07	5.62
20	1.58	0.12	4.08
30	2.02	0.32	7.73
40	6.45	0.07	80.84
50	1.42	0.1	3.76
75	1.65	0.27	3.27
100	1.81	0.12	4.76
125	2.22	0.04	7.19
150	1.02	0.06	2.21
EE	1.81		
Probabilidad	0.057		

#### *Energía Neta de Lactancia (Mjul)*

En el Cuadro 2, se presentan los resultados de Energía Neta de Lactancia (ENL Mjul) de las nueve diferentes alturas evaluadas por el programa TaurusWebs, entre las cuales no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ). De acuerdo con Guerra Narváez (2016), el pasto Tobiata a los 27 días de corte puede alcanzar niveles de ENL 1.01 Mcal/kg, es decir 4.22 Mjul/kg.

**Cuadro 2**

*Medias de los rangos en el contenido de energía neta de lactancia (ENL) para cada altura evaluada.*

Altura (m)	Media	Mínimo	Máximo
10	0.26	0.01	0.7
20	0.20	0.01	0.51
30	0.43	0.04	3.01
40	0.17	0.01	0.65
50	0.48	0.01	4.68
75	0.21	0.03	0.41
100	0.23	0.01	0.59
125	0.22	0.01	0.78
150	0.18	0.01	0.82
EE	0.13		
Probabilidad	0.0847		

**Fibra Detergente Neutra (%)**

En el Cuadro 3, se presentan los resultados de Fibra Detergente Neutra (FDN %) de las nueve diferentes alturas evaluadas por el programa TaurusWebs, entre las cuales no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ). Carreño Famanía y García Grajales (2016), en su estudio en la UAP de ganado lechero en Zamorano evaluando la productividad del pasto Tobiatá, a una altura de 116.4 cm presentó 64.1% de FDN.

**Cuadro 3**

*Medias de los rangos en el contenido de fibra detergente neutra (FDN) para cada altura evaluada.*

Altura (m)	Media	Mínimo	Máximo
10	2.2	0.08	6.34
20	1.8	0.14	4.61
30	2.2	0.36	8.72
40	1.6	0.07	6.44
50	1.5	0.11	4.23
75	2.3	0.31	8.72
100	2.3	0.13	5.89
125	1.9	0.05	7.04
150	1.1	0.08	2.49
EE	0.44		
Probabilidad	0.0598		

### **Fibra Detergente Ácida (%)**

En el Cuadro 4, se presentan los resultados de Fibra Detergente Ácida (FDA %) de las nueve diferentes alturas evaluadas por el programa TaurusWebs, entre las cuales no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ). Según Guerra Narváez (2016), en sus análisis realizados con pato Tobiatá a los 24 días de corte, este presentó un contenido de FDA de 45%.

#### **Cuadro 4**

*Medias de los rangos en el contenido de fibra detergente acida (FDA) para cada altura evaluada.*

Altura (m)	Media	Mínimo	Máximo
10	2.74	0.07	19.97
20	0.63	0.01	1.75
30	0.83	0.02	2.35
40	1.02	0.02	8.63
50	0.63	0.01	2.64
75	0.58	-0.09	1.52
100	1.01	0.07	9.97
125	2.53	0	10.21
150	0.33	0.02	1.54
EE	0.67		
Probabilidad	0.0552		

En cuanto a los Cuadros 1,2, 3 y 4 que muestran los resultados de las variables (PC, ENL, FDN Y FDA), indican que no se encontraron diferencias significativas para ninguna de las variables a las diferentes alturas analizadas. Estos resultados son similares a los obtenidos en estudios (Vera y Vásquez 2013) donde se evaluaron distintas alturas con el software analizando algunos pastos del trópico, específicamente en Colombia; para evidenciar que no hay variabilidad en los resultados en las distintas variables. Sin embargo, Ospina et al. (2020) indicaron que, de estas nueve alturas evaluadas, se debe considerar hacer los análisis a 100 metros, esto con la intención de obtener mejor estabilidad en el dron al momento de capturar las imágenes ya que este se encuentra en movimiento a la hora de tomar las fotografías.

### Comparación de Programa TaurusWebs y Análisis en Laboratorio

En el Cuadro 5, se muestra la comparación entre los análisis de laboratorio y el programa TaurusWebs, lo que indica que se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre ambos métodos. Encontrando mayor contenido de PC y ENL en los análisis realizados mediante TaurusWebs en comparación a lo obtenido por el laboratorio. Contrario a los resultados de FDN Y FDA, donde se obtuvieron mayores resultados en los análisis realizados en laboratorio comparado a los valores según TaurusWebs.

#### Cuadro 5

*Contenido de proteína cruda (%), Energía neta de lactancia (Mjul), fibra detergente neutra (%) y fibra detergente acida (%).*

Variable	Drone	Laboratorio	EE	CV%	Probabilidad
PC (%)	9.89 ± 1.91	8.89 ± 1.45	0.31	18.26	0.0084
ENL (Mjul)	4.28 ± 0.24	3.74 ± 0.45	0.07	8.95	≤0.0001
FDN (%)	61.77 ± 2.39	66.91 ± 3.60	0.56	4.75	≤0.0001
FDA (%)	34.30 ± 1.12	44.99 ± 5.37	0.71	9.78	≤0.0001

Las variables incluidas en el análisis bromatológico (PC, ENL, FDN y FDA) mostraron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) al comparar los resultados de laboratorio (NIRS) versus las estimaciones obtenidas del software TaurusWebs y provenientes del análisis de imágenes algorítmicas.

Las diferencias obtenidas son producto de la forma que fueron colectadas las muestras enviadas al laboratorio. La altura de corte fue de 20 cm desde la base del suelo, al ser esta especie de habito de crecimiento macollador y al tener alturas al momento de la toma de muestras de aproximadamente 160 cm, se encontraron diferencias significativas entre las variables PC, ENL, FDN y FDA en laboratorio, en comparación al análisis de TaurusWebs. El drone toma las fotografías desde la parte superficial y capta el estrato fotosintético de la planta, debido a esto se obtuvieron mejores resultados en cuanto a PC y ENL. Mientras que, por medio de los análisis en laboratorio, se encontraron valores más altos en FDN y FDA. Lyons et al. (2001), señalan que la concentración de material de la pared celular en el material del tallo que, en las hojas, debido a la madurez, acumulan

cantidades crecientes de material de la pared celular. Asimismo, estos resultados coinciden con lo mencionado por Guerra Narváez (2016) donde explica que el efecto de la disminución a mayor edad de corte se debe a un aumento en la proporción del tallo; cuyo porcentaje de proteínas es inferior al de las hojas.

Es por esto por lo que los resultados no coinciden con los obtenidos por Santos (2021), debido a que en sus estudios realizados solo se encontraron diferencias significativas en la variable FDA. De manera similar a Ospina et al. (2020) en un estudio en Colombia evaluando gramíneas del trópico alto, comparando la fibra detergente neutra mediante el algoritmo RGB versus espectroscopia del infrarrojo cercano lo que indica que no hubo diferencias significativas en los valores de FDN bajo las dos metodologías.

En estudios anteriores se evaluaron pastos rastreros, es decir pastos pertenecientes al género *Brachiaria* donde las condiciones y comportamiento de la planta es diferente. Debido a esto se procedió a realizar otra evaluación, realizando por medio de TaurusWebs, análisis de las plantas tomando fotografías, estas fueron capturadas en tres condiciones diferentes; planta entera, corte a 20 cm desde la base del suelo y corte estimando altura de consumo.

En el Cuadro 6, se muestran los resultados de las variables evaluadas PC (%), ENL (Mjul), FDN (%) Y FDA (%) obtenidos al realizar la comparación mediante TaurusWebs entre la planta total, corte a 20 cm desde la base del suelo (primer muestreo) y altura de consumo. Lo que indica que se encontraron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) entre los distintos cortes evaluados. Se observan diferencias entre la fracción nombrada consumo y corte a 20 cm desde la base del suelo comparado con planta entera. Encontrando mayor contenido de PC y ENL en la fracción consumo, comparado con corte y planta entera. Pero se muestra mayor contenido de FDN y FDA en el corte a 20 cm y planta entera, comparado con la fracción consumo.

**Cuadro 6**

*Comparación entre altura de consumo, corte a 20 cm desde la base del suelo y planta total.*

	PC%	ENL	FDN%	FDA%
Consumo	18.17a	5.3	52.65	24.43
Corte	17.28b	5.2	53.57	25.88
Planta total	17.13b	5.17	53.82	26.1
CV%	7.55	3.35	2.97	10.74
Probabilidad	0.0032	0.0041	0.0054	0.0201
E.E.	0.24	0.031	0.29	0.5

Schnellmann et al. (2020), en un estudio realizado evaluando la altura de corte sobre la calidad del *Megathyrus maximus*, indicaron que el material joven en la planta está compuesto principalmente por láminas, con bajo contenido de tallos y material muerto. A medida que aumenta la edad de rebrote, la planta va sufriendo cambios significativos en los componentes solubles y estructurales. Además, por su fisiología, la planta va translocando parte de estos compuestos y así disminuye su valor nutricional y de digestibilidad.

## **Conclusiones**

Se validó el algoritmo del programa TaurusWebs para análisis bromatológico en pasturas, mediante la toma de fotografías aéreas a diferentes alturas y no se encontró diferencias.

La calibración de los análisis bromatológicos se debe hacer en función del área de consumo de los animales.

Las diferencias en calibración, como ser el mayor contenido de proteína cruda obtenido con el software TaurusWebs, puede estar relacionado con el hecho de que el dron toma fotografías capturando el estrato fotosintético o de consumo de los animales. Esto a su vez explica las diferencias obtenidas en la FDN y la FDA.

### **Recomendaciones**

Para lograr una correcta validación y calibración de la herramienta TaurusWebs para estimar el análisis bromatológico en pasturas, las fotografías deberán tomarse en condiciones de pre pastoreo y de pos pastoreo.

Tomar en cuenta las condiciones ambientales antes de realizar el muestro debido a que una alta o baja luminosidad afecta los resultados de las variables.

Utilizar el Software TaurusWebs como una herramienta factible en el manejo adecuado de pasturas y las estrategias de alimentación para reducir costos y optimizar el desempeño animal.

Realizar el estudio considerando una carga animal de acuerdo a los aforos y a la capacidad de carga estimada por el programa, lo cual debe estar asociado a una menor altura de entrada de los animales a la pastura.

## Referencias

- Agrotendenciatv. 2018. AgriScout: Un sistema de inspección aérea o satelital de cultivos. Colombia: [sin editorial]; [actualizado el 6 de ago. de 2022; consultado el 6 de ago. de 2022]. <https://agrotendencia.tv/agriscout-sistema-inspeccion-cultivos/>.
- Carreño Famaña BC, García Grajales YY. 2016. Productividad de *Panicum maximum* Variedad Tobiata en Zamorano, Honduras [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 25 p; [consultado el 3 de ago. de 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/99864217-593e-4344-8993-8a5ee2b01b72/content>.
- Choque H, Huaita A, Cárdenas L, Zúñiga R. 2018. Efecto de la edad de rebrote en la degradación ruminal del pisonay (*Erythrina sp*) en el valle interandino de Abancay. Revista de Investigación Altoandín; [consultado 2018]. 20. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ria/v20n2/a04v20n2.pdf>.
- Díaz Abaunza JS. 2021. Manejo de praderas con el uso de tecnología de precisión software Taurus web y platómetro [Informe de pasantía]. Socorro, Colombia: Universidad Libre Seccional Socorro. 60 p; [consultado el 3 de ago. de 2022]. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/19281/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2016. Ganadería de América Latina y el Caribe puede jugar rol clave en el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 3 de ago. de 2022]. <https://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/421098/>.
- FOSS. 2018. El análisis de la fibra en el pienso animal. Estados Unidos: [sin editorial]; [consultado el 6 de ago. de 2022]. <https://www.fossanalytics.com/-/media/files/documents/papers/laboratories-segment/ebook-fibre-analysis-of-animal-feed-es.pdf>.
- Gallardo M. 2007. El Valor de los Alimentos. [sin lugar]: INTA; [consultado el 3 de ago. de 2022]. [http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/nutricion/nutricion\\_valordealimentos.htm](http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/nutricion/nutricion_valordealimentos.htm).
- Gamma Catie. 2016. Sistema de monitoreo de la plataforma de ganadería: revisión y actualización del plan estratégico y plan de acción de corto y mediano plazo para el desarrollo de la ganadería sostenible en Honduras. Honduras: [sin editorial]. [https://repositorio.credia.hn/bitstream/handle/123456789/280/sistema\\_de\\_monitoreo\\_de\\_la\\_plataforma\\_de\\_ganaderia\\_revision\\_y\\_actualizacion\\_del\\_plan\\_estrategico\\_y\\_plan\\_de\\_accion\\_de\\_corto\\_y\\_mediano\\_plazo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.credia.hn/bitstream/handle/123456789/280/sistema_de_monitoreo_de_la_plataforma_de_ganaderia_revision_y_actualizacion_del_plan_estrategico_y_plan_de_accion_de_corto_y_mediano_plazo.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Guerra Acevedo NFJ, Lagos Lazo JE. 2014. Análisis de la composición bromatológica de pastos y formulación de dietas para la producción de leche en el trópico [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 44 p; [consultado el 3 de ago. de 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/1268298e-ceb7-4cd3-ae1d-95ac51a166cc/content>.
- 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 [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 25 p; [consultado el 3 de ago. de 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/390956d9-9a7d-49ab-97dd-7f3f61f94086/content>.
- Haro J. 2002. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en Pastoreo. Redalyc. 12(3). <https://www.redalyc.org/pdf/416/41612204.pdf>.

- INCYTU. 2018. Ganadería de precisión. FCCyT; [consultado el 6 de ago. de 2022]. (023). [https://www.foroconsultivo.org.mx/INCYTU/documentos/Completa/INCYTU\\_18-023.pdf](https://www.foroconsultivo.org.mx/INCYTU/documentos/Completa/INCYTU_18-023.pdf).
- INIA. 2008. Algunos conceptos sobre calidad de forrajes. Uruguay: [sin editorial]; [actualizado 2010; consultado 2010]. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11188/1/Ficha-tecnica-33-Algunos-conceptos-sobre-calidad-de-forrajes.pdf>.
- Intagri. 2018. Valor Nutritivo de los Forrajes y su Valor nutritivo de los forrajes y su relación con la nutrición proteica de Rumiantes. Colombia: [sin editorial]; [actualizado 2018]. <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/valor-nutritivo-de-los-forrajes-y-su-relacion-con-la-nutricion-proteica>.
- Larios M. 2016. Calidad nutricional de tres forrajes tropicales cosechados a diferentes edades de corte en Zamorano, Honduras [Tesis]. Honduras. spa. <https://bdigital.zamorano.edu/items/dd354c84-932f-4e16-ae7a-8f73d331ada3>.
- Lavet. 2015. Analizando alimentos: los análisis bromatológicos. México: [sin editorial]. <http://www.lavet.com.mx/analizando-alimentos-analisis-bromatologicos/>.
- León R, Bonifaz N, Gutiérrez F. 2018. Pastos y forrajes del Ecuador: siembra y producción de pasturas. 1ª ed. Ecuador: Editorial Universitaria Abya-Yala. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19019>.
- Lopez O, Sánchez T, Iglesias J. 2017. Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical. Cuba: [sin editorial]; [actualizado 2017; consultado 2022]. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942017000200001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942017000200001).
- Lyons RK, Machen R, Forbes TDA. 2001. ¿Por qué cambia la calidad del forraje de los pastizales? Texas: [sin editorial]; [consultado el 6 de ago. de 2022]. 6 p. [https://www.co.cowlitz.wa.us/DocumentCenter/View/1333/Por-que-cambia-la-calidad\\_de-forraje-de-los-pastizales?bidId=](https://www.co.cowlitz.wa.us/DocumentCenter/View/1333/Por-que-cambia-la-calidad_de-forraje-de-los-pastizales?bidId=).
- Martinez Coronado AA. 2001. Comparacion de los cultivares tobiata y tanzania del pasto Guinea (*Panicum maximum*) [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 28 p; [consultado el 3 de ago. de 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/35605b4b-0b2c-47fa-ad22-dafc2561c465/content>.
- Ospina O, Anzola H, Ayala O, Baracaldo A. 2020. Validación de un algoritmo de procesamiento de imágenes Red Green Blue (RGB), para la estimación de proteína cruda en gramíneas vs la tecnología de espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS). Revista de Investigaciones Veterinarias del Peru; [consultado 2022]. 31(2). [https://www.researchgate.net/publication/347294032\\_Validacion\\_de\\_un\\_algoritmo\\_de\\_procesamiento\\_de\\_imagenes\\_Red\\_Green\\_Blue\\_RGB\\_para\\_la\\_estimacion\\_de\\_proteina\\_cruda\\_en\\_gramineas\\_vs\\_la\\_tecnologia\\_de\\_espectroscopia\\_de\\_infrarrojo\\_cercano\\_NIRS](https://www.researchgate.net/publication/347294032_Validacion_de_un_algoritmo_de_procesamiento_de_imagenes_Red_Green_Blue_RGB_para_la_estimacion_de_proteina_cruda_en_gramineas_vs_la_tecnologia_de_espectroscopia_de_infrarrojo_cercano_NIRS). doi:10.15381/rivep.v31i2.17940.
- Oyhamburu M, Vecchio M, Heguy B, Lissarrague M, Bolaños V, Fernández F, Delgado J. 2018. Curso de Forrajicultura y Praticultura [Tesis]. Argentina: Universidad Nacional de la Plata; [consultado 2018]. <https://1library.co/document/yr31l0ev-curso-de-forrajicultura-y-praticultura.html>.
- Sánchez J. 2007. Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. Costa Rica: Universidad de Costa Rica; [consultado 2007]. [http://nutriciondebovinos.com.ar/MD\\_upload/nutriciondebovinos\\_com\\_ar/Archivos/File/UTILIZACION\\_DE\\_PASTURAS\\_TROPICALES\\_POR\\_EL\\_GANADO\\_LECHERO.pdf](http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/File/UTILIZACION_DE_PASTURAS_TROPICALES_POR_EL_GANADO_LECHERO.pdf).

- Schnellmann LP, Verdoljak JJ, Bernadis A, Martínez González JC, Castillo Rodríguez SP, Limas Martínez AA. 2020. Frecuencia y altura de corte sobre la calidad del *Megathyrus maximus* (cv. Gatton panic). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*; [consultado 2020]. 21(3):1–11. <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/1402>.
- Tarazona A, Ceballos M, Naranjo J, Cuartas C. 2012. Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en rumiantes | *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. Colombia: [sin editorial]; [actualizado el 6 de ago. de 2022; consultado el 6 de ago. de 2022]. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/324791/20782237>.
- Torres D. 2015. Caracterización de un sistema Silvo-pastoril con *Inga edulis* y pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), en la época seca de la Hacienda Santa Elisa [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/5ae15ff5-ab8b-46f5-8f71-85635081983f/content>.
- Velasco Á. 2017. Análisis Situacional de la Ganadería Sostenible en el departamento del Meta [Tesis]. Bogotá, Colombia: Santo Tomás University. [https://www.researchgate.net/publication/322104354\\_Analisis\\_Situacional\\_de\\_la\\_Ganaderia\\_Sostenible\\_en\\_el\\_departamento\\_del\\_Meta](https://www.researchgate.net/publication/322104354_Analisis_Situacional_de_la_Ganaderia_Sostenible_en_el_departamento_del_Meta).
- Vera MD, Vásquez SM. 2013. Consumo de materia seca y desempeño productivo en vaquillas de ganado de leche bajo un sistema de confinamiento [Tesis]. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. spa. <https://bdigital.zamorano.edu/items/72cdcfbf-a7d1-4112-96c1-6a6f46e6bf53>.
- Vila J. 2000. Variaciones estacionales en la producción y composición del pasto Guinea (*Panicum maximum*) cv. Tobiata en Zamorano [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 34 p; [consultado el 6 de ago. de 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/36319ba7-8483-4041-9c0f-c66538bb5af7/content>.