

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



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

Estudiantes

Ángela Marcela Osorio Barahona
Carlos Josué Cartagena Galdámez

Asesores

Isidro Matamoros, Ph.D.
Rogel Castillo, M.Sc.

Honduras, agosto2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

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 Figura.....	6
Resumen	7
Abstract.....	8
Introducción.....	9
Materiales y Métodos	12
Localización del Estudio	12
Procedimiento para Toma de Muestras	12
Variables Evaluadas	13
Diseño Experimental y Análisis Estadístico	14
Resultados y Discusión.....	15
Comparación de Alturas en los Macrominerales.....	15
Potasio (K)	15
Fósforo (P).....	15
Magnesio (Mg)	16
Calcio (Ca)	17
Azufre (S).....	17
Comparación de Alturas en los Microminerales.....	18
Cobre (Cu)	18
Hierro (Fe)	19

Zinc (Zn).....	19
Manganeso (Mn).....	20
Comparación de Análisis de Laboratorio vs el Programa TaurusWebs	21
Macrominerales (K, P, Mg, Ca, S).....	21
Microminerales (Cu, Fe, Zn, Mn) Cuadro 11 Comparación de análisis de microminerales de laboratorio vs el programa TaurusWebs (ppm).....	21
Conclusiones	23
Recomendaciones	24
Referencias.....	25

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Comparación de los rangos de K entre las diferentes alturas para la toma de fotografías en TaurusWebs.	15
Cuadro 2 Comparación de los rangos de P entre las diferentes alturas para la toma de fotografías en TaurusWebs.	16
Cuadro 3 Comparación de los rangos de Mg entre las diferentes alturas para la toma de fotografías en TaurusWebs.	16
Cuadro 4 Comparación de los rangos de Ca entre las diferentes alturas para la toma de fotografías en TaurusWebs.	17
Cuadro 5 Comparación de los rangos de S entre las diferentes alturas para la toma de fotografías en TaurusWebs.	18
Cuadro 6 Comparación de los rangos de Cu entre las diferentes alturas para la toma de fotografías en TaurusWebs.	18
Cuadro 7 Comparación de los rangos de Fe entre las diferentes alturas para la toma de fotografías en TaurusWebs.	19
Cuadro 8 Comparación de los rangos de Zn entre las diferentes alturas para la toma de fotografías en TaurusWebs.	20
Cuadro 9 Comparación de los rangos de Mn entre las diferentes alturas para la toma de fotografías en TaurusWebs.	20
Cuadro 10 Comparación de análisis de macrominerales de laboratorio vs el programa TaurusWebs (%).	21
Cuadro 11 Comparación de análisis de microminerales de laboratorio vs el programa TaurusWebs (ppm).	21
Cuadro 12 Comparación de los macrominerales en los diferentes niveles de corte de la planta.	22
Cuadro 13 Comparación de los microminerales en los diferentes niveles de corte de la planta.	22

Índice de Figura

Figura 1 Mapa del circuito de pastoreo nombrado “Los Mingos” de la unidad de ganado de carne ..12

Resumen

El objetivo de la investigación fue calibrar y validar los análisis de imágenes algorítmicas para análisis de minerales con el programa TaurusWebs®. Se realizó un Diseño Completo al Azar (DCA) utilizando dos metodologías de análisis de minerales en 15 parcelas establecidas con pasto Tobiatá (*Megathyrus maximus*) en la unidad de ganado de carne de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Los minerales analizados son: Potasio (K), Fosforo (P), Magnesio (Mg) y Calcio (Ca) y microminerales: Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Zinc (Zn) y Azufre (S). No hubo diferencia significativa utilizando TaurusWebs en la concentración de minerales en alturas de: 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 125 y 150 m. Se encontró diferencia significativa entre el análisis de minerales mediante TaurusWebs a 100 cm de altura y el laboratorio mediante el análisis Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS). Esto se atribuye a la altura de muestreo (20 cm) de las muestras enviadas al laboratorio. Lo cual fue contrastado tomando fotografías a plantas enteras, a la altura de muestreo (20 cm) y a la altura de consumo estimado (100 cm). Para plantas macolladoras se debe considerar la altura en que el animal está pastoreando.

Palabras clave: Dron, forrajes, NIRS, software.

Abstract

The objective of the research was to calibrate and validate algorithmic image analysis for mineral analysis with the TaurusWebs® program. A Complete Randomized Design (CRD) was performed using two mineral analysis methodologies in 15 plots established with Tobiatá grass (*Megathyrsus maximus*) in the beef cattle unit of the Escuela Agrícola Pan-Americana Zamorano. The minerals analyzed were Potassium (K), Phosphorus (P), Magnesium (Mg) and Calcium (Ca) and microminerals: Copper (Cu), Iron (Fe), Manganese (Mn), Zinc (Zn) and Sulfur (S). There was no significant difference using TaurusWebs in the concentration of minerals at heights of: 10, 20, 30, 40, 50, 50, 75, 100, 125 and 150 m. Significant difference was found between mineral analysis using TaurusWebs at 100 cm height and the laboratory using Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) analysis. This is attributed to the sampling height (20 cm) of the samples sent to the laboratory. This was contrasted by taking photographs of whole plants at the sampling height (20 cm) and at the estimated consumption height (100 cm). For tillering plants, the height at which the animal is grazing should be considered.

Keywords: Drone, forages, NIRS, software.

Introducción

Las pasturas desempeñan un papel importante en la alimentación de los rumiantes, además, constituyen la fuente de alimento más económica (FAO 1993). Según Trujillo y Uriarte (2022) el valor nutritivo de un forraje debe reflejar su capacidad de satisfacer los requerimientos del animal para un estado fisiológico específico y objetivo de producción particular a través de la producción animal obtenida o respuesta animal.

La decisión sobre el tipo de pastoreo a implementar debe estar en función del análisis integrado de las variables que participan en el sistema productivo, con la finalidad de minimizar el efecto sobre la productividad del animal y rentabilidad del sistema (Morón 2009). El animal debe transformar la mayor cantidad de nutrientes consumidos en productos de calidad, asimismo, conservar a lo largo del tiempo la composición botánica deseada de la pastura para que no disminuya su productividad (Oyhamburu et al. 2020).

Uno de los factores a considerar en sistemas pastoriles es el valor nutritivo del forraje ofrecido, ya que constituye la clave para alcanzar resultados óptimos en la productividad. Conocer el contenido de nutrientes de los forrajes y suplementos utilizados en cada región es fundamental para la implementación de sistemas de alimentación adecuados para el ganado (Sánchez et al. 2008).

Los minerales son importantes para todos los seres vivos, ya que se necesitan para poder tener mejor crecimiento, producción y reproducción (Healthwise 2021). Según Coria (2020) los minerales ayudan como co-factores en la obtención y utilización de la energía, proteína y demás nutrimentos que se encuentran en los alimentos, a su vez son esenciales para un mejor desarrollo y estado de salud. Los minerales se dividen en dos grupos, macrominerales y microminerales; los macrominerales son aquellos minerales que el animal necesita en grandes cantidades (g/día), mientras que los microminerales incluyen aquellos que se necesitan en pequeñas cantidades (mg/día) (Bach y Devant 2004).

La deficiencia de minerales en general puede traer resultados negativos en la ganancia de peso corporal, salud, el crecimiento, en el desempeño del sistema reproductivo, y en la producción de

leche (Granja et al. 2012). Las deficiencias más comunes en animales en pastoreo son la de fósforo, sodio, cobalto, yodo, selenio, cobre, zinc y ocasionalmente magnesio, mientras que las deficiencias más importantes en animales alimentados con granos son de calcio y sodio (Rodríguez y Banchero 2007).

Con la ayuda de varios estudios científicos se puede argumentar que la suplementación con sales minerales beneficia la reproducción de los animales (Rajo y Ruiz 2019). De igual forma como lo indica Barrillas y Quiñonez (2016) en los parámetros de producción este aumenta. Los minerales son diariamente utilizados por los animales en el desarrollo de sus funciones fisiológicas normales, y en determinadas ocasiones la falta de estos en la dieta normal del animal es la causa primaria de problemas reproductivos (Pérez et al. 2011). El consumo de nutrientes es uno de los principales factores que restringe la producción animal en el trópico y solo se puede controlar si el valor nutricional de los forrajes no constituye un factor limitante (López-Vigo et al. 2019).

Con el fin de describir y mejorar la calidad nutricional y el aprovechamiento de las pasturas, a través de los años, se han implementado métodos para estimar la disponibilidad de biomasa y nutrientes de estos (Mejía-Díaz et al. 2016). Cozzolino et al. (2006) indica que en la actualidad, el método que ha sido mayormente utilizado ha consistido en análisis de laboratorio ya sea vía química húmeda o NIRS. Con la información obtenida en estos análisis, ha sido posible balancear la dieta de animales, optimizar el aprovechamiento de los nutrientes y por ende mejorar la productividad (Rivera Rivera y Madonado 2017).

Los análisis de minerales tradicionales pueden llegar a ser un problema por su alto costo, siendo una variable para que los productores no se enfoquen en realizarlos. Los avances tecnológicos permiten migrar de los sistemas de análisis tradicionales hacia análisis que se incluyen como parte de la agricultura de precisión. Esto permite tener mejor desempeño en relación con el tiempo y los costos para obtener los análisis requeridos (Best et al. 2014).

Gracias a las nuevas tecnologías como lo son los drones y otras, se puede proporcionar información en tiempo real, generar imágenes, registrar parámetros agronómicos y alertar a los

agricultores sobre el progreso de un cultivo, el estado del suelo, la presencia o el riesgo de plagas y enfermedades, y el crecimiento de malezas (Santos Valle y Kienzle 2021).

Según ONU (2021) las tecnologías 4.0 son muy poco utilizadas hoy en día sobre todo entre los pequeños productores o agricultores familiares y la información acerca de la disponibilidad de este tipo de tecnología es muy escasa, no existen análisis confiables acerca de su costo/beneficio y las habilidades digitales de los productores y del personal técnico son muy limitadas.

El programa TaurusWebs mediante el algoritmo de análisis de imágenes RED GREEN BLUE - AAIRGB- analiza imágenes previamente tomadas por una cámara. Ospina et al. (2020) menciona que las longitudes de onda de la luz producen una imagen algorítmica, en la que se representa con escalas de grises, estas escalas representan los niveles de minerales que contiene la pradera.

El modelo TaurusWebs integra el análisis mineral para bovinos lo que permite analizar el balance de minerales de la ración partiendo de los contenidos en la pastura y tomar decisiones en tiempo real sobre el alimento que está consumiendo el ganado. Con este programa se podrá tener un mejor control y así, poder tener un manejo adecuado en las pasturas a evaluar y mejores resultados positivos de la producción de manera eficiente (Rugeles Salazar 2021).

El presente estudio tuvo como objetivo validar el algoritmo del programa TaurusWebs para análisis de minerales en las pasturas del circuito de pastoreo “Los Mingos” de la unidad de aprendizaje y producción de ganado de carne.

Materiales y Métodos

Localización del Estudio

La investigación se realizó en la unidad de aprendizaje y producción de ganado de carne de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, ubicada a 800 msnm, con temperatura y precipitación media anual de 26 °C y 1200 mm, respectivamente, durante los meses de septiembre y octubre del año 2021. El área muestreada corresponde al circuito de pastoreo nombrado como “Los Mingos” (Figura 1), el cual cuenta con un total de 26 potreros con un área de 0.22 hectáreas cada uno, de estos se utilizaron 15, 3.3 ha en total; la pastura está conformada por los pastos variedad Mombaza y Tobiatá (*Megathyrus maximus*).

Figura 1

Mapa del circuito de pastoreo nombrado “Los Mingos” de la unidad de ganado de carne.



Procedimiento para Toma de Muestras

En los potreros seleccionados se ubicaron de forma aleatoria y consecutiva dos marcos con tubos de PVC con área conocida de 4 m² (2 × 2 m), los que se delimitaron con cinta roja para tener una mejor delimitación al momento de tomar la imagen con el dron. Las imágenes aéreas se tomaron con dron (MAVIC Mini 2), con configuración de balance de blancos equivalente a 5600K. Las fotografías se tomaron volando el dron a nueve diferentes alturas: 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 125 y 150 m.

Utilizando los mismos cuadrantes delimitados para la toma de fotografías, dentro de estos se colectaron muestras de pasto que fue cortado a una altura de 20 cm sobre el nivel del suelo. Las muestras colectadas se picaron manualmente en piezas de 5-7 cm y posteriormente se separó una

muestra representativa que fue secada en horno a temperatura promedio de 65 °C durante 48 horas. Las muestras secas se almacenaron en bolsas plásticas conteniendo 60 gramos para ser enviadas al laboratorio Dairy One Inc., Nueva York, EUA. Las muestras fueron analizadas mediante espectroscopía del infrarrojo cercano (NIRS, por sus siglas en inglés) para realizar el análisis de minerales en cada una de las muestras para macro (Ca, P, K, Mg y S) y micro (Fe, Cu, Zn y Mn) minerales.

Se realizó un segundo muestreo, donde se recolectaron tres plantas enteras de 10 macollas aleatorias, a las cuales se les tomó una fotografía principal de planta entera, una segunda fotografía de la planta cortada a 20 cm sobre nivel de suelo, y una tercera fotografía de la planta con un corte estimado del consumo por parte de los animales para ser evaluadas en el programa TaurusWebs por el AAIRGB.

Variables Evaluadas

El análisis para composición mineral se realizó en el módulo de nutrición del programa TaurusWebs, mediante el algoritmo de análisis de imágenes -AAIRGB- permitiendo la estimación de las cantidades de minerales presentes en el pasto. Se realizó una comparación de los datos entre las nueve diferentes alturas, en el cual no se encontraron diferencias.

Al no encontrar diferencia entre alturas, se seleccionó la recomendada por la empresa SADEP (100 m) para el análisis de minerales, posteriormente, se realizó una comparación con los datos obtenidos por el laboratorio. Mediante ambos métodos se evaluaron las siguientes variables: macrominerales (Ca, P, K, Mg y S) y microminerales (Fe, Cu, Zn y Mn) a nueve diferentes alturas de 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 125 y 150 metros para cada altura respectivamente.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se realizó un Diseño Completo al Azar (DCA) utilizando 2 tratamientos y 15 unidades experimentales por cada tratamiento. Se utilizó el programa TaurusWebs para analizar las imágenes tomadas con el dron, con la finalidad de determinar los minerales presentes en las pasturas mediante el algoritmo -AAIRGB-. Para el segundo tratamiento el análisis de minerales se llevó a cabo de manera tradicional en un laboratorio. Se muestrearon de las variedades Mombaza y Tobiatá (*Megathyrus maximus*). Para el análisis de los datos se realizaron pruebas estadísticas entre las cuales estaba T Student, por medio del programa de análisis estadístico “Statistical Analysis System” (SAS 2021), con un nivel de significancia exigido de $P \leq 0.05$.

Resultados y Discusión

Comparación de Alturas en los Macrominerales

Potasio (K)

En el Cuadro 1 se presentan los resultados del macromineral potasio (K) de las nueve diferentes alturas evaluadas por el programa TaurusWebs, el cual no se encontraron diferencias ($P > 0.05$). Según INATEC (2016) el requerimiento de K del ganado de carne en pastoreo es: para desarrollo y gestación 0.6% y para lactancia 0.7% del total de la materia seca ingerida.

Cuadro 1

Comparación de los rangos de K entre las diferentes alturas para la toma de fotografías en TaurusWebs.

Altura (m)	Media (%)	Min (%)	Max (%)
10	0.26	0.04	0.59
20	0.24	0.00	0.62
30	0.23	0.01	0.61
40	0.28	0.02	0.59
50	0.26	0.03	0.63
75	0.26	0.01	0.86
100	0.28	0.02	0.72
125	0.23	0.02	0.71
150	0.26	0.02	1.08

Nota. EE=0.05135930; $P > 0.4531$

Fósforo (P)

En el Cuadro 2 se presentan los resultados del macromineral fósforo (P) de las nueve diferentes alturas evaluadas por el programa TaurusWebs, el cual no se encontraron diferencias ($P > 0.05$). Según Soto y Reinoso (2012), el fósforo (P) es considerado el mineral más deficiente en rumiantes en pastoreo, asimismo, el requerimiento se estima en necesidades de 0.12 a 0.18% en la materia seca (MS) para animales en crecimiento de engorde, 0.14 a 0.20% para vacas de cría en lactación y 0.16 a 0.17% para vacas de cría en el último tercio de la gestación.

Cuadro 2

Comparación de los rangos de P entre las diferentes alturas para la toma de fotografías en

TaurusWebs.

Altura (m)	Media (%)	Min (%)	Max (%)
10	0.02	0.00	0.04
20	0.02	0.01	0.04
30	0.02	0.00	0.03
40	0.02	0.00	0.04
50	0.02	0.00	0.04
75	0.02	0.00	0.06
100	0.02	0.00	0.05
125	0.02	0.00	0.04
150	0.02	0.00	0.07

Nota. EE=0.00338270; P > 0.6766

Magnesio (Mg)

En el Cuadro 3, se presentan los resultados del macromineral magnesio (Mg) de las nueve diferentes alturas evaluadas por el programa TaurusWebs, el cual no se encontraron diferencias (P > 0.05). A diferencia de los minerales anteriores, el Mg tiene un requerimiento más bajo en el cuerpo del animal, sin embargo, según Villanueva (2011) sigue siendo uno de los más importantes que se deben de suplementar, teniendo requerimientos de: 0.1% en desarrollo, 0.12% en gestación, y 0.2% en lactancia del total de la materia seca ingerida.

Cuadro 3

Comparación de los rangos de Mg entre las diferentes alturas para la toma de fotografías en

TaurusWebs.

Altura (m)	Media (%)	Min (%)	Max (%)
10	0.04	0.00	0.11
20	0.04	0.00	0.11
30	0.04	0.00	0.10
40	0.04	0.00	0.11
50	0.04	0.00	0.07
75	0.03	0.00	0.10
100	0.03	0.00	0.08
125	0.03	0.01	0.05
150	0.02	0.00	0.06

Nota. EE=0.00680543; Pr > |0.4898|

Calcio (Ca)

En el Cuadro 4, se presentan los resultados del macromineral calcio (Ca) de las nueve diferentes alturas evaluadas por el programa TaurusWebs, el cual no se encontraron diferencias ($P > 0.05$). Mufarrege (2002) menciona que los forrajes son generalmente fuentes satisfactorias de Ca para el ganado en pastoreo, particularmente cuando tienen leguminosas. Los valores publicados muestran en promedio valores de 1.42% de Ca en leguminosas templadas y de 1.01% en leguminosas subtropicales y entre 0.37 y 0.38 % de Calcio en las correspondientes gramíneas.

Cuadro 4

Comparación de los rangos de Ca entre las diferentes alturas para la toma de fotografías en TaurusWebs.

Altura (m)	Media (%)	Min (%)	Max (%)
10	0.03	0.00	0.08
20	0.03	0.00	0.08
30	0.03	0.00	0.07
40	0.03	0.00	0.07
50	0.03	0.00	0.06
75	0.03	0.01	0.10
100	0.03	0.00	0.07
125	0.02	0.00	0.05
150	0.02	0.00	0.05

Nota. EE=0.00561492; $P > 0.5030$.

Azufre (S)

En el Cuadro 5, se presentan los resultados del macromineral azufre (S) de las nueve diferentes alturas evaluadas por el programa TaurusWebs, el cual no se encontraron diferencias ($P > 0.05$). Como lo expresa Schingoethe et al. (2011) la concentración de azufre en la dieta recomendada para la mayor parte del ganado lechero es de 0.20% de la materia seca de la dieta (NRC 2001).

Cuadro 5

Comparación de los rangos de S entre las diferentes alturas para la toma de fotografías en TaurusWebs.

Altura (m)	Media (%)	Min (%)	Max (%)
10	0.01	0.00	0.03
20	0.01	0.00	0.03
30	0.01	0.00	0.04
40	0.01	-0.02	0.04
50	0.02	0.00	0.04
75	0.01	0.00	0.04
100	0.02	0.00	0.04
125	0.01	0.00	0.05
150	0.02	0.00	0.09

Nota. EE=0.00352467; P > 0.4238

Comparación de Alturas en los Microminerales**Cobre (Cu)**

En el Cuadro 6, se presentan los resultados del micromineral cobre (Cu) de las nueve diferentes alturas evaluadas por el programa TaurusWebs, el cual no se encontraron diferencias (P > 0.05). Gomez et al. (2019) indican que los requerimientos de cobre varían de 4 a 15 ppm, las dietas concentradas poseen usualmente mayor cantidad de Cu que los forrajes.

Cuadro 6

Comparación de los rangos de Cu entre las diferentes alturas para la toma de fotografías en TaurusWebs.

Altura (m)	Media (ppm)	Min (ppm)	Max (ppm)
10	0.42	0.02	3.09
20	0.22	0.06	0.54
30	0.35	0.01	2.28
40	0.25	0.00	0.55
50	0.36	0.00	2.6
75	0.22	0.03	0.74
100	0.25	0.02	0.66
125	0.21	0.00	0.67
150	0.25	0.01	1.23

Nota. EE=0.10613691; P > 0.1794

Hierro (Fe)

En el Cuadro 7, se presentan los resultados del micromineral hierro (Fe) de las nueve diferentes alturas evaluadas por el programa TaurusWebs, el cual no se encontraron diferencias ($P > 0.05$). Mufarrege (2003b) menciona que los requerimientos de hierro para los bovinos no están definidos con precisión, pero las revisiones sobre este tema han mostrado que los requerimientos de los bovinos serían aproximadamente 50 ppm.

Cuadro 7

Comparación de los rangos de Fe entre las diferentes alturas para la toma de fotografías en TaurusWebs.

Altura (m)	Media (ppm)	Min (ppm)	Max (ppm)
10	24.73	1	70
20	28.13	2	74
30	27.07	6	63
40	25.00	1	70
50	24.67	0	41
75	20.73	4	61
100	16.53	0	43
125	15.00	3	31
150	14.73	1	38

Nota. EE=4.3055602; $P > 0.4916$

Zinc (Zn)

En el Cuadro 8, se presentan los resultados del micromineral zinc (Zn) de las nueve diferentes alturas evaluadas por el programa TaurusWebs, el cual no se encontraron diferencias ($P > 0.05$). Según Mufarrege (2001) los requerimientos de Zn del ganado vacuno no están definidos con precisión, se recomiendan entre 20 y 40 ppm de Zn en la MS de la ración (1 ppm = 1 mg/kg).

Cuadro 8

Comparación de los rangos de Zn entre las diferentes alturas para la toma de fotografías en TaurusWebs.

Altura (m)	Media (ppm)	Min (ppm)	Max (ppm)
10	2.13	0	6
20	2.40	0	5
30	2.20	0	5
40	1.93	0	5
50	2.07	1	4
75	1.73	0	6
100	1.47	0	4
125	1.27	0	3
150	1.13	0	3

Nota. EE=0.37581188; P > 0.5317

Manganeso (Mn)

En el Cuadro 9, se presentan los resultados del micromineral manganeso (Mn) de las nueve diferentes alturas evaluadas por el programa TaurusWebs, el cual no se encontraron diferencias ($P > 0.05$). Mufarrege (2003a) define que los niveles de Mn recomendados para el ganado vacuno para carne están entre 20 ppm para los vacunos jóvenes y de 40 ppm en la MS para las vacas de cría.

Cuadro 9

Comparación de los rangos de Mn entre las diferentes alturas para la toma de fotografías en TaurusWebs.

Altura(m)	Media (ppm)	Min (ppm)	Max (ppm)
10	43.13	1	105
20	45.93	3	112
30	41.00	3	99
40	43.53	1	98
50	42.07	10	79
75	38.53	4	126
100	32.33	0	86
125	28.27	1	58
150	26.66	4	62

Nota. EE=7.2417506; Pr > |0.5460|

Comparación de Análisis de Laboratorio vs el Programa TaurusWebs

Macrominerales (K, P, Mg, Ca, S)

En los Cuadros 10 y 11 la comparación de análisis de laboratorio con el programa TaurusWebs mostró que se encuentran diferencias significativas ($P > 0.05$) entre ambos métodos. Dado a estas diferencias, Ospina [sin fecha] ([sin fecha]) explica que los minerales son nutrientes muy variables que pueden cambiar dependiendo de la época del año, altura del corte del forraje sobre el suelo y la iluminación existente al momento de tomar una fotografía con el dron.

Cuadro 10

Comparación de análisis de macrominerales de laboratorio vs el programa TaurusWebs (%).

	DRON	LAB	EE	CV	P
K	1.76 ± 0.62^a	2.90 ± 0.43^b	0.10	23.02	<.0001
P	0.25 ± 0.04^a	0.27 ± 0.04^b	0.10	15.83	0.0375
Mg	0.18 ± 0.04^a	0.14 ± 0.02^b	0.01	18.15	<.0001
Ca	0.42 ± 0.05^a	0.27 ± 0.05^b	0.01	14.83	<.0001
S	0.14 ± 0.03^a	0.16 ± 0.03^a	0.01	23.97	0.1887

Microminerales (Cu, Fe, Zn, Mn)

Cuadro 11

Comparación de análisis de microminerales de laboratorio vs el programa TaurusWebs (ppm).

	DRON	LAB	EE	CV	P
Cu	3.92 ± 0.60^a	11.066 ± 4.8^b	0.622	45.47	<.0001
Fe	126.7 ± 20.8^a	273.1 ± 172.1^b	22.38	61.32	<.0001
Zn	30.46 ± 2.2^a	28.56 ± 7.00^a	0.94	17.46	0.1587
Mn	139.9 ± 52.4^a	69.2 ± 19.2^b	7.215	37.79	<.0001

En el Cuadro 12 se realiza la comparación del análisis en el algoritmo de TaurusWebs, identificando la variación mineral en cada uno de los cortes evaluados (consumo, corte 20 cm, planta total) en el cual consumo representa la altura del forraje en que los animales pastorean y el corte de 20 cm representa hoja y parte del tallo de la planta. Se presentaron diferencias significativas en los minerales: K, P, Ca, S, Cu, y Mn. Se puede observar que en los minerales K, P, S, y Cu el consumo que representa las hojas del pasto difieren del resto de la planta. Mientras que los minerales Mg, Fe y Zn

no presentaron diferencias significativas. Estas diferencias se deben a la manera en que se concentran los minerales en la planta.

Cuadro 12

Comparación de los macrominerales en los diferentes niveles de corte de la planta.

%	K	P	Mg	Ca	S
Consumo	4.031 a	0.389 a	0.173 a	0.321 a	0.299 a
Corte 2o cm	3.741 b	0.371 b	0.184 a	0.328 b	0.278 b
Planta total	3.841 b	0.377 b	0.167 a	0.331 c	0.285 b
CV	11.97	7.14	18.95	1.53	12.2
Probabilidad	0.0177	0.014	0.0503	<.0001	0.023
E.E.	0.084	0.005	0.006	0.001	0.006

Nota. E.E.= Error Estándar; CV= Coeficiente de variación

Cuadro 13

Comparación de los microminerales en los diferentes niveles de corte de la planta.

Ppm	Cu	Fe	Zn	Mn
Consumo	6.118 a	150.5 a	28.53 a	47 a
Corte 20 cm	5.829 b	142.37 a	28.46 a	52.46 b
Planta total	5.937 b	150.27 a	28.93 a	57.33 c
CV	7.83	15	3.25	11.17
Probabilidad	0.0188	0.152	0.056	<.0001
E.E.	0.085	4.045	0.169	1.067

Nota. E.E.= Error Estándar; CV= Coeficiente de variación

Conclusiones

El programa TaurusWebs analiza el consumo del animal en las pasturas y no el resto de las plantas en una fotografía aérea, explicando que la distribución de los minerales es muy variable si se analiza la planta entera o solo el consumo por el animal.

Los resultados comparados del programa Tauruswebs con el laboratorio están sujetas a la manera en que el pasto fue cortado en esta investigación y no al AAIRGB.

Recomendaciones

Realizar esta investigación con drones diferentes al utilizado en este proyecto, que cuenten con cámara RGB y el balance de blancos adecuado. Además de tomar en cuenta diferentes temporadas del año, cambios climáticos e intensidad lumínica.

Cortar las muestras de pasto a diferente altura a la analizada en esta investigación, dependiente de la especie y tipo de forraje a evaluar, haciendo énfasis en una planta entera, un corte principal de 20 cm, y un segundo corte a una altura estimada de consumo de la pastura por el animal.

Elaborar un análisis de costos para evaluar la factibilidad económica de implementar tecnologías 4.0 como TaurusWebs en Zamorano.

Referencias

- Bach A, Devant M. 2004. Microminerales en la nutrición del rumiante: aspectos técnicos y consideraciones legales. Argentina: [sin editorial]; [consultado el 17 de jun. de 2022]. https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/43-microminereles.pdf.
- Barrillas D, Quiñonez C. 2016. Evaluación de las sales minerales Nutrivyn® y Top Bezerro® en la productividad de terneros predestinados y en el comportamiento reproductivo de sus madres. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/5899>.
- Best S, Leon LG, Mendez A, Flores F, Aguilera H. 2014. Adopción y desarrollo de tecnología en agricultura de precisión. [sin lugar]: [sin editorial]. <http://www.gisandbeers.com/RRSS/Publicaciones/Tecnologia-Agricultura-Precision.pdf>.
- Coria M. 2020. Nutrición mineral en ganadería. [sin lugar]: [sin editorial]. https://inta.gob.ar/sites/default/files/nutricion_mineral_en_ganaderia.pdf.
- Cozzolino D, Fernández EG, Restaino EA, La Manna A. 2006. Determinación de la composición química de heno mediante la espectrofotometría en el infrarrojo cercano (NIRS). Revista Argentina de Producción Animal; [consultado el 17 de jun. de 2022]. 26:203–209. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/12191/1/4261-22466-1-PB.pdf>.
- Gomez J, Del Campo M, Gonzales M. 2019. Algunas anotaciones sobre la importancia del cobre en la reproducción bovina. Revista Colombiana de Ciencia Animal. 11(1). doi:10.24188/recia.v11.n1.2019.716.
- Granja Y, Cerquera J, Fernandez O. 2012. Factores nutricionales que interfieren en el desempeño reproductivo de la hembra bovina. Revista Colombiana de Ciencia Animal; [consultado el 23 de jun. de 2022]. 4(2):458–472. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4167916.pdf>.
- Healthwise. 2021. Minerales: Funciones y fuentes. [sin lugar]: [sin editorial]. <https://www.cigna.com/es-us/individuals-families/health-wellness/hw/minerales-ta3912>.
- [INATEC] Instituto Nacional Tecnológico. 2016. Manual del protagonista nutrición animal. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 23 de jun. de 2022]. <https://www.biopasos.com/documentos/087.pdf>.
- López-Vigo O, Lamela-López L, Sanchez-Santana T, Olivera-Castro Y, García-López R, Herrera-Villafranca M, González-Ronquillo M. 2019. Evaluación del valor nutricional de los forrajes en un sistema silvopastoril. Scielo Analytics; [consultado el 17 de jun. de 2022]. 42(1):2078–8452. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942019000100057.
- Mejía-Díaz E, Mahecha-Ledesma L, Angulo-Arizala J. 2016. *Tithonia diversifolia*: especie para ramoneo en sistemas silvopastoriles y métodos para estimar su consumo. Agronomía Mesoamericana; [consultado el 23 de jun. de 2022]. 28(1):289–302. <https://www.redalyc.org/journal/437/43748637023/html/>. doi:10.15517/am.v28i1.22673.
- Morón LM. 2009. Ventajas y desventajas de los sistemas de pastoreo y confinamiento en la producción de carne en raza cebú en el departamento del Cesar. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 23 de jun. de 2022]. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1303&context=medicina_veterinaria.

- Mufarrege D. 2001. Suplementación con zinc de los bovinos para carne en la provincia de corrientes. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 23 de jun. de 2022]. https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/58-suplementacion_con_zinc.pdf.
- Mufarrege D. 2003a. El hierro y el manganeso en la alimentación del ganado de carne en la región nea. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 23 de jun. de 2022]. https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/54-hierro_y_manganeso.pdf.
- Mufarrege D. 2003b. El hierro y el manganeso en la alimentación del ganado de carne en la región nea. https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/54-hierro_y_manganeso.pdf.
- Mufarrege DJ. 2002. El calcio en la alimentación del ganado bovino para carne. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 23 de jun. de 2022]. https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/56-calcio-corrientes.pdf.
- [ONU] Organización de las Naciones Unidas. 2021. Tecnologías digitales para una revolución agrícola sostenible e inclusiva en los países en transición; [consultado el 23 de jun. de 2022]. <https://www.cepal.org/es/proyectos/agro-40>.
- Ospina O. [sin fecha]. Consideraciones en el momento de toma de muestras. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 23 de jun. de 2022].
- Ospina O, Vasquez H, Ayala Duarte O, Baracaldo Martínez 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). Scielo Analytics; [consultado el 17 de jun. de 2022]. 31(2). http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172020000200009. doi:10.15381/ripev.v31i2.17940.
- Oyhamburu et al. 2020. Pastoreo Racional Voisin (PRV) como un sistema de producción sostenible. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6830/1/CPA-2020-T107.pdf>.
- Pérez MA, Peña FA, Benitez MJ. 2011. Sales minerales en la ganadería de leche bovina. Revista Sistema Produccion Agroecologica; [consultado el 17 de jun. de 2022]. 2(2). <https://revistas.unillanos.edu.co/index.php/sistemasagroecologicos/article/download/583/640/2719>.
- Rajo B, Ruiz W. 2019. Evaluación de las sales minerales FosboviReproducción® y NutriPLEX® sobre la ganancia diaria de peso y desarrollo reproductivo en toretes de 12 a 16 meses de edad. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; [consultado el 23 de jun. de 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6634>.
- Rivera Rivera A, Alba Madonado JM. 2017. Nirs en el análisis de alimentos para la nutrición animal. Revista Ingenio UFPSO; [consultado el 17 de jun. de 2022]. 13. <https://revistas.ufps.edu.co/index.php/ingenio/article/download/2149/2242/9276>.
- Rodríguez A, Banchemo GB. 2007. Deficiencia de minerales en rumiantes. Revista Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria; [consultado el 17 de jun. de 2022]. 13. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6864/1/revista-INIA-13-p.11-15.pdf>.
- Rugeles Salazar JA. 2021. Apoyo técnico a la implementación de buenas prácticas ganaderas para la alimentación bovina en fincas asesoradas por la empresa Melken. Socorro-Santander: Facultad De Ingeniería Y Ciencias Agropecuarias, Universidad Libre Seccional Socorro; [consultado el 17 de jun. de 2022]. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/19709/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- Sánchez T, Pedraza R, López O, Orskov ER, Lamela L. 2008. Valor nutritivo de los componentes forrajeros de una asociación de gramíneas mejoradas y *Leucaena leucocephala*. Scielo Analytics. 31(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942008000300007.
- Santos Valle S, Kienzle J. 2021. Agricultura 4.0 - Robótica agrícola y equipos automatizados para la producción agrícola sostenible: Gestión integrada de cultivos. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <https://www.fao.org/publications/card/es/c/CB2186ES/>.
- Schingoethe D, García A, Kalscheur K, Hippen A, Rosentrater K. 2011. El azufre en los granos de destilería para alimentación de ganado lechero. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 23 de jun. de 2022]. https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/164-azufre.pdf.
- Soto C, Reinoso V. 2012. Suplementación con fósforo en ganado de carne a pastoreo. Revista electrónica de Veterinaria; [consultado el 23 de jun. de 2022]. 13(7). https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/172-fosforo_suplementacion.pdf.
- Trujillo AI, Uriarte G. 2022. Valor nutritivo de las pasturas. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 17 de jun. de 2022]. http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/ALIMENTOS%20RUMIANTES/Trujillo_Uriarte.VALOR_NUTRITIVO_PASTURAS.pdf.
- Villanueva G. 2011. Nutrición del ganado: Magnesio. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 23 de jun. de 2022]. https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/148-magnesio.pdf.