

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



**Proyecto Especial de Graduación**  
**Validación de algoritmo del software TaurusWebs 2023® para análisis**  
**foliar de minerales en pasturas**

**Estudiante**

**Daichi Ernesto Furukawa Nájera**

**Asesoras**

**Marielena Moncada, Ph.D.**

**Kenia David, M.Sc.**

**Honduras, agosto 2023**

## **Autoridades**

**SERGIO ANDRÉS 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 .....	4
Índice de Figuras .....	5
Índice de Anexos .....	6
Resumen .....	7
Abstract .....	8
Introducción.....	9
Materiales y Métodos .....	12
Ubicación .....	12
Procedimiento para la Toma de Muestras (Aforo) .....	13
Muestreo Pre-Pastoreo.....	14
Secado de Muestras.....	14
Preparación y Empacado de Muestras para Enviarlas a Laboratorio .....	15
Diseño Experimental y Análisis Estadístico .....	16
Resultados y Discusión.....	17
Comparación de Análisis Química Húmeda (Control) vs programa TaurusWebs® .....	17
Macrominerales .....	17
Microminerales .....	21
Conclusión.....	25
Recomendaciones.....	26
Referencias.....	27
Anexos.....	30

### Índice de Cuadros

Cuadro 1 Comparación de medias (%) del análisis del macromineral Calcio (Ca) en laboratorio vs TaurusWebs® . . . . .	17
Cuadro 2 Comparación de medias (%) del análisis del macromineral Fósforo (P) en laboratorio vs TaurusWebs® . . . . .	18
Cuadro 3 Comparación de medias (%) del análisis del macromineral Magnesio (Mg) en laboratorio vs TaurusWebs® . . . . .	19
Cuadro 4 Comparación de medias (%) del análisis del macromineral Potasio (K) en laboratorio vs TaurusWebs® . . . . .	20
Cuadro 5 Comparación de medias (%) del análisis del macromineral Azufre (S) en laboratorio vs TaurusWebs® . . . . .	20
Cuadro 6 Comparación de medias (mg/kg) del análisis del micromineral Cobre (Cu) en laboratorio vs TaurusWebs® . . . . .	21
Cuadro 7 Comparación de medias (mg/kg) del análisis del micromineral Hierro (Fe) en laboratorio vs TaurusWebs® . . . . .	22
Cuadro 8 Comparación de medias (mg/kg) del análisis del micromineral Zinc (Zn) en laboratorio vs TaurusWebs® . . . . .	23
Cuadro 9 Comparación de medias (mg/kg) del análisis del micromineral Manganeso (Mn) en laboratorio vs TaurusWebs® . . . . .	23

### Índice de Figuras

Figura 1 Fotografía de Circuito de Pastoreo Los Mingos.....	12
Figura 2 Fotografía de un marco para aforo de pastos. ....	13
Figura 3 Fotografía del dron DJI Mavic Mini 2.....	14
Figura 4 Hornos gravimétricos para secado de muestras de pasto.....	15
Figura 5 Pesado y empaçado de muestras para envío a Laboratorio DairyOne.....	16

### Índice de Anexos

Anexo A Curva de crecimiento de macrominerales Calcio, Fósforo, Magnesio y Azúfre de 0 a 25 días post-pastoreo según TaurusWebs® .....	30
Anexo B Curva de crecimiento de macromineral Potasio de 0 a 25 días post-pastoreo según TaurusWebs® .....	31
Anexo C Curva de crecimiento de micromineral Cobre de 0 a 25 días post-pastoreo según TaurusWebs® .....	32
Anexo D Curva de crecimiento de microminerales Hierro y Manganeso de 0 a 25 días post-pastoreo según TaurusWebs® .....	33
Anexo E Curva de crecimiento de micromineral Zinc de 0 a 25 días post-pastoreo según TaurusWebs® .....	34

## Resumen

La Ganadería 4.0 introduce tecnologías que facilitan la producción animal. Entre ellas la nutrición de precisión la cual debe satisfacer los requerimientos de los bovinos, incluyendo los minerales. El objetivo de la investigación fue validar el algoritmo para análisis foliar de minerales en pasturas del software TaurusWebs®. Se emplearon 26 potreros establecidos con pastos *Megathyrsus maximus* var. Mombaza y var. Tobiata, en el cual se evaluaron dos tratamientos, bajo un Diseño Completamente al Azar, con cuatro repeticiones en el tiempo (ciclos) durante los meses de agosto a diciembre. Los tratamientos consistieron en el análisis de muestras de pasto vía química húmeda en laboratorio en contraste con los resultados de las fotografías tomadas con un dron del algoritmo para análisis foliar mineral del TaurusWebs®. No se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos en las comparaciones de ciclos para las variables P, Mg, K, S, Cu, y Zn. Se encontraron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) en todas las comparaciones para las variables Ca, Fe, y Mn. En general los datos expresados por el TaurusWebs® estuvieron dentro de los rangos para *Megathyrsus maximus*, sin embargo, no se puede validar según los resultados estadísticos. Una investigación en la que se evalúen diferentes cámaras y calibraciones de balance de blancos vs un laboratorio podría determinar una mejor calibración para el uso del TaurusWebs® en estas condiciones.

*Palabras clave:* Análisis química húmeda, dron, ganadería 4.0, pastos tropicales.

### Abstract

Livestock 4.0 introduces technologies that simplify animal production. Among them is precision nutrition, which must fulfill the requirements of cattle, including minerals. The objective of the research was to validate the algorithm for foliar analysis of minerals in pastures of the TaurusWebs® software. Twenty-six paddocks established with *Megathyrsus maximus* var. Mombaza and Tobiata were used, in which two treatments were evaluated, under a Completely Randomized Design, with four replications over time (cycles) during the months of August to December. The treatments consisted of the analysis of grass samples via wet chemistry in laboratory, in contrast with the results of photographs, taken with a drone, analyzed by TaurusWebs® algorithm for mineral foliar analysis. No differences ( $P > 0.05$ ) were found between treatments in the cycle comparisons for the variables P, Mg, K, S, Cu, and Zn. Differences ( $P \leq 0.05$ ) were found in all comparisons for the variables Ca, Fe, and Mn. Overall, the data expressed by the TaurusWebs® were within the ranges for *Megathyrsus maximus*, however, it cannot be validated based on statistical results. An investigation evaluating different cameras and white balance calibrations vs. a laboratory could determine a better calibration for the use of the TaurusWebs® under these conditions.

*Keywords:* Drone, livestock 4.0, tropical pastures, wet chemistry analysis.

## Introducción

El éxito en cualquier producción pecuaria depende en gran mayoría de la correcta alimentación y obtención de nutrientes por parte de los animales. Todo ser vivo necesita alimentarse de manera adecuada, satisfacer sus necesidades de energía, proteínas, vitaminas, agua, y minerales para que su organismo funcione debidamente. Pero en el caso de la alimentación del ganado se basa mayormente en la ingesta de forraje.

Además, la alimentación es responsable de un elevado porcentaje en los costos totales de producción. Es considerada “un recurso necesario en la producción animal, por lo que su eficiencia y los costos económicos condicionan en gran manera el éxito de los sistemas de producción (Vernaza et al. 2022).

Los forrajes siempre serán una fuente importante de alimentación, y de nutrientes, para todos los animales herbívoros en vida libre o explotados a cielo abierto y la calidad de las pasturas afecta el rendimiento de los animales en pastoreo, se asume que su calidad debe cubrir las necesidades nutricionales de los animales para optimizar su rendimiento (Troncoso 2018).

Existen varias formas de suplementación de forraje para el ganado, como ser: ensilaje, heno, pastoreo, entre otros. Pero un sistema de pastoreo es la forma de alimentación más económica que existe. El máximo aprovechamiento de un forraje durante el mayor tiempo durante el año es posible si existe un manejo adecuado. Es por lo que, es fundamental conocer las variedades de pasto y así elegir la variedad que mejor crezca en la finca con mayor cantidad de biomasa, disponibilidad durante el año, de alta calidad nutricional y que se adapte al clima en la región. En el trópico, hay dos épocas climáticas muy bien definidas: la época lluviosa (abundancia de pastos) y la poca lluviosa (escasez de pastos) (Senra et al. 2005). A pesar de eso hay variedades que con buen manejo pueden crecer durante todo el año, esto es muy difícil y pese a la disponibilidad de pasto, este por lo general no sufre por completo el requerimiento nutricional de los bovinos.

Un estudio indica que la mayoría de las áreas de pastoreo en los países tropicales, los forrajes presentan marcadas deficiencias de algunos elementos minerales, principalmente de fósforo y nitrógeno (Pizzani 2005). Otro estudio menciona que los animales alimentados en pasturas naturales mal manejadas y altas en biomasa ganan poco peso o presentan bajos índices reproductivos, en estos casos, se ha demostrado que alguna deficiencia mineral puede ser la causa de estas (Rodríguez and Banchemo 2007). Dado esto se afirma que los minerales son esenciales para los procesos metabólicos, el desarrollo, y productivos como reproductivos independientemente de la etapa en la que se encuentren.

El contenido nutricional del forraje se puede estimar mediante información de otros ensayos o información de los mismos proveedores de semilla, permitiéndole al productor tener una idea de qué debería suplementar, también tener información sobre las carencias más comunes de la zona es de gran ayuda para pre-diagnosticar la situación y de esta manera poder prevenir el problema con la adición del elemento deficiente en la dieta (Karlen 2015). Sin embargo, esto nunca será preciso pues el contenido de estos varía en el suelo, la disponibilidad durante del año, como también el estado fisiológico del cultivo. Mientras no exista información precisa como estudios de suelos y análisis bromatológicos de la pastura en sus diferentes etapas no se podrá satisfacer los requerimientos de los bovinos.

En la actualidad existe la ganadería 4.0 la cual involucra varias tecnologías que facilitan procesos productivos, digitalizándolos y automatizándolos, con el principal objetivo de eficientizar la producción. Estas tecnologías son de suma importancia ya que existen evidencias que las empresas digitalizadas mejoran su productividad más rápido que las no digitalizadas (Nava et al. 2020).

El TaurusWebs® es un software para uso de los productores que trabajan con bovinos, ya sea para la producción de carne o leche. El software cuenta con múltiples herramientas que facilitan el trabajo y organización de los productores, como pueden ser manejar un inventario del hato completo; los pesos, edades, principales eventos reproductivos, historial de cada animal, entre otros. Pero eso

no es lo que caracteriza este software sobre el resto, sino los algoritmos existentes para el análisis foliar bromatológico de las pasturas, este mismo permite realizar un análisis foliar mineral.

El análisis foliar mineral informa la composición de macro y micro minerales en las hojas de las praderas. Por medio de una imagen tomada por un dron, el algoritmo analiza la composición de minerales de las pasturas y presenta el contenido de macrominerales (Ca, P, Mg, K, S) en porcentaje y microminerales (Zn, Cu, Fe, Mn, B) en mg/kg (SADEP [updated 2023]).

Este algoritmo trabaja con fotos tomadas con un dron, que tenga una cámara de espectro RGB (por sus siglas en inglés Rojo Verde y Azul). El algoritmo trabaja analizando la reflectometría de luz que valga la redundancia reflejan las mismas hojas de las pasturas, que luego se traduce en el contenido mineral de la pastura.

Mediante el uso de este algoritmo los productores se ahorrarían costos y tiempo en análisis de laboratorio. Esto permitiría calcular de manera mucho más precisa el balance adecuado de minerales que se les debe suplementar al ganado, pero lo más importante es que la tecnología permite hacerlo en tiempo real, lo que incrementaría la eficiencia del hato en aspectos nutricionales.

Entendiéndose lo anterior, el siguiente proyecto pretende validar el algoritmo para análisis foliar de minerales del software TaurusWebs®, mediante la comparación de muestras analizadas en laboratorio (análisis química húmeda) del pasto *Megathyrus maximus* var. Mombaza y var. Tobiata.

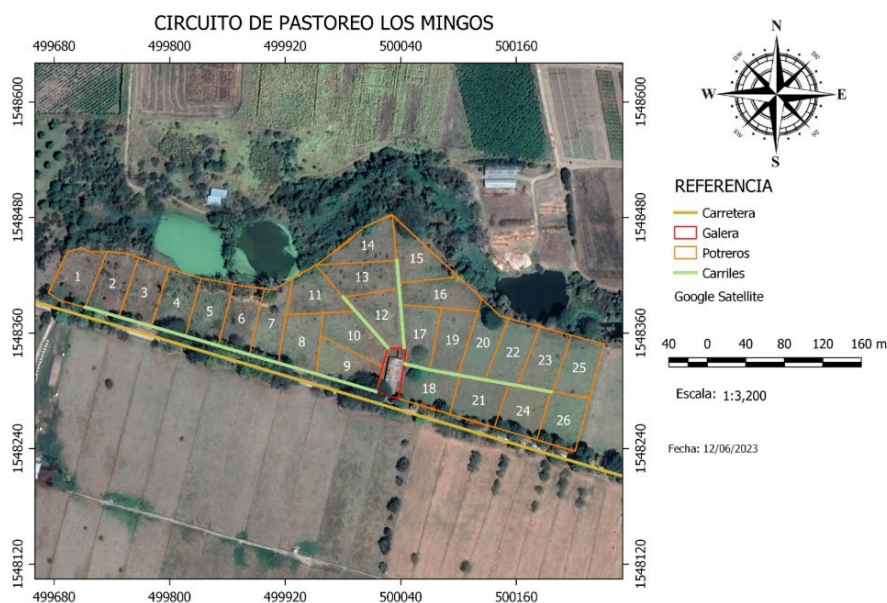
## Materiales y Métodos

### Ubicación

La investigación se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, ubicada en el municipio de San Antonio de Oriente del departamento Francisco Morazán Honduras, en los lotes de los Mingos 1-6 (5.85 ha; Figura 1). Los cuales se subdividieron en 26 parcelas de 0.225 ha cada una. En las 26 parcelas se evaluaron cuatro ciclos de pastoreo, cada ciclo tuvo una duración de 26 días. El pasto establecido en estos lotes son las variedades de Tobiatá y Mombaza (*Megathyrsus maximus*). La escuela se encuentra a 789 metros sobre el nivel del mar (msnm) (MapBox [date unknown]). La temperatura y precipitación promedio anual es de 26 °C y 1200 mm, respectivamente. El experimento se desarrolló de agosto a diciembre 2022.

### Figura 1

Fotografía de Circuito de Pastoreo Los Mingos.



### Procedimiento para la Toma de Muestras (Aforo)

Para la recolección de muestras se utilizó el método del cuadrante el cual fue sistemático y destructivo, expresado en unidades de peso sobre área ( $\text{g}/\text{m}^2$ ). La biomasa se midió en unidades de peso (kg o g), los cuales fueron obtenidos con una balanza digital. Debido a que se utilizaron cuadrantes de PVC se conocía el área específica ( $2\text{ m} \times 2\text{ m} = 4\text{ m}^2$ ; Figura 2). Al muestrear se lanzaban ambos cuadros de PVC en cada potrero al azar. Cada cuadrante se dividió en cuatro sub-cuadrantes ( $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ ) se cortó a una altura de corte 30 cm desde la base y se pesó individualmente. Cada muestra se guardó en bolsas de papel debidamente rotuladas con la información de (# potrero, # cuadrante, # sub-cuadrante, y fecha de recolección). Posteriormente se hizo una muestra compuesta tomando pasto de cada uno de los sub-cuadrantes muestreados de manera que fuese representativa. La representatividad es la característica más importante de una muestra estadística, y se define como la capacidad de un subconjunto de presentar iguales características a las del conjunto completo (Controlatoria General de la República Chile 2012). El muestreo se realizó día de por medio. En los ciclos 1 y 4 se muestrearon las parcelas con enumeración impares y en los ciclos 2 y 3 se muestrearon las parcelas con enumeración par.

### Figura 2

*Fotografía de un marco para aforo de pastos.*



### **Muestreo Pre-Pastoreo**

Se tomaron siempre dos muestras del forraje (correspondientes una a cada cuadro de PVC), previo a que el ganado pastoreara la parcela. También se tomaron tres fotografías con el dron de cámara RGB (DJI Mavic Mini 2; Figura 3) a una altura de 100 m y a un ángulo de 90° en un horario de 9:00-11:00 a.m. de manera que no hubiese variación en la fotografía por el reflejo de la luz solar. Se utilizaron las imágenes obtenidas y se analizaron usando el algoritmo de “Dron Minerales” del software TaurusWebs®.

### **Figura 3**

*Fotografía del dron DJI Mavic Mini 2.*



### **Secado de Muestras**

Las muestras fueron secadas en la Unidad de Diagnóstico Molecular específicamente en los hornos del Proyecto Integrado de Frijol (PIF) de Zamorano (Figura 4). Previo al ingreso de las muestras al horno, cada una fue pesada en una balanza digital marca Escali®. Para el secado se utilizaron dos hornos gravimétricos de la marca Fisher Scientific® y VWR®. Se tomaron entre 1000-1200 g de pasto fresco y se ingresaron al horno en las mismas bolsas de papel. El horno se programaba para secar a una temperatura de 60 °C por un tiempo de 48 horas.

**Figura 4**

*Hornos gravimétricos para secado de muestras de pasto.*



#### ***Preparación y Empacado de Muestras para Enviarlas a Laboratorio***

Para poder determinar el contenido mineral exacto del forraje, las muestras fueron enviadas al laboratorio Dairy One, localizado en Nueva York, Estados Unidos. Las muestras se enviaron secas y con un peso de 60 g cada muestra.

Las muestras una vez secas fueron pesadas nuevamente en una balanza digital (60 g/bolsa; Figura 5) y empacadas en bolsas de cierre Ziploc® de esta manera la muestra permanecería hermética. Cada muestra fue debidamente rotulada con la información de la fecha en que se recolectó, el número de ciclo, el número de parcela y el cuadrante al que pertenecía.

**Figura 5**

*Pesado y empaclado de muestras para envío a Laboratorio DairyOne.*



### **Diseño Experimental y Análisis Estadístico**

Se utilizó un diseño completo al azar (DCA) con cuatro medidas repetidas en el tiempo (por el número de ciclos), en el cual se evaluaron dos tratamientos y 26 unidades experimentales por cada tratamiento. El primer tratamiento fue el método para análisis bromatológico convencional, análisis de química húmeda, el cual se obtuvo de las muestras enviadas al laboratorio DairyOne. El segundo tratamiento evaluado fue la determinación del contenido mineral de las fotografías analizadas mediante el algoritmo (dron para análisis foliar mineral) del software TaurusWebs® -AAIRGB-. Los minerales evaluados en ambos casos fueron los macrominerales (%): calcio, fósforo, magnesio, potasio y azufre y los microminerales (mg/kg): cobre, hierro, zinc y manganeso. Para el análisis de normalidad de los datos se corrió la prueba de Kolmogorov Smirnov, para la comparación de medias (entre tratamientos) se sometió a la Prueba SNK, con el programa Statistical Analysis System (SAS 9.4®), con un nivel de significancia del  $P \leq 0.05$ .

## Resultados y Discusión

### Comparación de Análisis Química Húmeda (Control) vs programa TaurusWebs®

#### Macrominerales

##### Calcio (Ca).

El Calcio presentó diferencias significativas entre tratamientos en todos los ciclos (Cuadro 1), en base a esto se asume que el Ca no se puede validar estadísticamente para el análisis en TaurusWebs®.

#### Cuadro 1

*Comparación de medias (%) del análisis del macromineral Calcio (Ca) en laboratorio vs TaurusWebs®.*

Ciclo	Control		TaurusWebs		Valor P
	Media	E.E.	Media	E.E.	
Ciclo I	0.33	0.0054	0.37	0.0078	<0.0001
Ciclo II	0.31	0.0055	0.36	0.0067	0.0015
Ciclo III	0.31	0.0055	0.36	0.0067	0.0015
Ciclo IV	0.33	0.0054	0.37	0.0066	0.0025
Media Total	0.32	0.0032	0.36	0.0038	<0.0001

El Ca obtuvo una media de 0.32% durante todo el experimento (Cuadro 1), valor denominado dentro del rango ideal según los resultados obtenidos por Naranjo et al. (2022), donde en un experimento bajo condiciones climáticas semejantes a las de esta investigación, encontraron que los valores para el Ca oscilaban entre 0.29% hasta 0.47%. Por otra parte Alalade et al. (2014), en Nigeria, descubrieron un menor contenido de Ca (0.14%), el cual podría ser explicado por la vía de absorción, ya que el Ca y Mg son absorbidos en la raíz por la misma vía y al haber una cantidad excesiva de Mg (18700 mg/kg) en contraste por lo expresado por Díaz and Morales (2003) quienes mencionan un bajo contenido de Mg (230 mg/kg) en los Mingsos.

### Fósforo (P).

Se puede observar que el mineral Fósforo no presentó diferencias significativas entre tratamientos durante el ciclo III, mostrando diferencias significativas durante el resto del experimento (Cuadro 2), impidiendo la validación de este con el TaurusWebs®.

#### Cuadro 2

*Comparación de medias (%) del análisis del macromineral Fósforo (P) en laboratorio vs TaurusWebs®.*

Ciclo	Control		TaurusWebs		Valor P
	Media	E.E.	Media	E.E.	
Ciclo I	0.39	0.0098	0.32	0.0105	<0.0001
Ciclo II	0.32	0.0089	0.35	0.0118	<0.0001
Ciclo III	0.36	0.0092	0.31	0.009	0.4646
Ciclo IV	0.31	0.006	0.28	0.0076	<0.0001
Media Total	0.35	0.0051	0.31	0.0052	<0.0001

El P presentó una media de 0.35% de concentración en todo el experimento (Cuadro 2). Este valor es similar al de Homen et al. (2010), quienes en su estudio mencionan valores de 0.19% a 0.33% para el fósforo. Verdecia et al. (2008) presentan un estudio de caracterización de distintas pasturas de este mineral, con un contenido de 0.33% de P, por lo que se entiende que el P está dentro de los valores normales. Para contrastar ideas, se puede observar una mayor concentración del P en el ciclo I, esto se puede explicar de acuerdo a lo expresado por Arriojas and Chacon (1989) quienes señalan una disminución del contenido de P en el período seco en contraste con el de lluvias, debido a que el agua facilita el movimiento de los iones del suelo, lo que reduce su absorción y disponibilidad en el suelo durante el periodo seco. El ciclo I coincidió con el periodo de lluvias en Zamorano. También se puede atribuir a la edad de corte del pasto, pues Verdecia et al. (2008) presentaron una disminución de la concentración de P a medida aumentaba la edad de corte.

### **Magnesio (Mg).**

Se muestra que el Magnesio no obtuvo diferencias significativas para los ciclos I y III (Cuadro 3). Estos resultados difieren con Osorio and Cartagena (2022), quienes en su comparación Laboratorio vs TaurusWebs21<sup>®</sup>, si presentaron diferencias significativas para el Mg.

### **Cuadro 3**

*Comparación de medias (%) del análisis del macromineral Magnesio (Mg) en laboratorio vs TaurusWebs<sup>®</sup>.*

Ciclo	Control		TaurusWebs		Valor P
	Media	E.E.	Media	E.E.	
Ciclo I	0.19	0.0044	0.18	0.0071	0.3989
Ciclo II	0.17	0.0047	0.2	0.007	0.0232
Ciclo III	0.2	0.0037	0.21	0.006	0.257
Ciclo IV	0.2	0.0025	0.21	0.0035	0.0017
Media Total	0.19	0.0021	0.2	0.0033	0.0175

El Mg presentó un valor de 0.19% de media en toda la investigación (Cuadro 3), este valor coincide con varios estudios en los que se muestran los siguientes resultados, 0.18% y 0.2% en Nigeria (Olaide et al. 2019), 0.22% en Ecuador (Cornejo et al. 2019), 0.25% en Colombia (Naranjo et al. 2022), y 0.26% en otro estudio en Nigeria (Alalade et al. 2014). Debido a esto, se concluye que el Mg se situó dentro de las cantidades adecuadas. De acuerdo con Díaz and Morales (2003), el suelo de Los Mingos es bajo en contenido de Mg, no obstante, los rendimientos para este mineral en el presente estudio están dentro de los parámetros aceptables.

### **Potasio (K).**

El Potasio no presentó diferencias significativas en la comparación de medias totales (Cuadro 4). Siendo este un hallazgo de la investigación, ya que Osorio and Cartagena (2022) si presentaron diferencias significativas, es posible deducir que el Potasio podría ser validado para el análisis en TaurusWebs<sup>®</sup>.

**Cuadro 4**

*Comparación de medias (%) del análisis del macromineral Potasio (K) en laboratorio vs TaurusWebs®.*

Ciclo	Control		TaurusWebs		Valor P
	Media	E.E.	Media	E.E.	
Ciclo I	2.74	0.049	2.86	0.1668	<0.0001
Ciclo II	2.69	0.0782	3.36	0.1953	<0.0001
Ciclo III	2.86	0.0576	2.74	0.1455	<0.0001
Ciclo IV	2.74	0.0548	2.28	0.1209	<0.0001
Media Total	2.76	0.0289	2.75	0.0834	0.0937

El K mostró una media de 2.76% para el control (Cuadro 4), que se asimila a los resultados de Cornejo et al. (2019), quienes obtuvieron un contenido de 2.74% y 2.59% a dos edades de corte de 25 y 30 días, respectivamente. Por otra parte, Olaide et al. (2019) encontraron valores mayores, de 3.2% para K. Esta variación de contenidos se pudo deber a que tuvo una preparación de suelo previa al experimento, permitiendo un mejor desarrollo radicular y biodisponibilidad de los nutrientes en el suelo, y de acuerdo con el análisis de suelo realizado en dicho experimento este contaba con una mayor concentración del mineral (628 vs 782 mg/kg).

**Azufre (S).**

El azufre no presentó diferencias significativas en el ciclo IV (Cuadro 5), al igual que Osorio and Cartagena (2022) quienes no presentaron diferencias significativas para este mineral. Pese a ello, debido a las diferencias significativas mostradas en el resto de los ciclos el azufre, este no podría validarse.

**Cuadro 5**

*Comparación de medias (%) del análisis del macromineral Azufre (S) en laboratorio vs TaurusWebs®.*

Ciclo	Control		TaurusWebs		Valor P
	Media	E.E.	Media	E.E.	
Ciclo I	0.14	0.0027	0.22	0.0114	0.0261
Ciclo II	0.12	0.004	0.25	0.0139	<0.0001
Ciclo III	0.16	0.003	0.21	0.01	<0.0001
Ciclo IV	0.15	0.0025	0.18	0.0079	0.06

Ciclo	Control		TaurusWebs		Valor P
	Media	E.E.	Media	E.E.	
Media Total	0.15	0.0017	0.21	0.0057	<0.0001

El S expresó un valor de media total de 0.15% (Cuadro 5), resultados que coinciden con los expuestos por Lara (2002), quien en su evaluación del *Panicum Maximum* var. Tobiata menciona que este contiene 0.15% de S en sus tejidos. Además, al compararlo con los resultados de Naranjo et al. (2022), mencionan que el Pasto Guinea tiene una concentración de 0.15% de S, por esa razón, es posible confirmar que los valores se encuentran dentro de lo idóneo.

### **Microminerales**

#### **Cobre (Cu).**

En el Cobre no se observaron diferencias significativas entre tratamientos durante el ciclo II, no obstante, el resto de los ciclos si mantuvieron diferencias (Cuadro 6), debido a esto el Cu no se puede validar en el algoritmo de TaurusWebs®.

#### **Cuadro 6**

*Comparación de medias (mg/kg) del análisis del micromineral Cobre (Cu) en laboratorio vs TaurusWebs®.*

Ciclo	Control		TaurusWebs		Valor P
	Media	E.E.	Media	E.E.	
Ciclo I	6.86	0.2689	4.99	0.1614	<0.0001
Ciclo II	6.83	0.2801	5.46	0.1925	0.6233
Ciclo III	7.67	0.1498	4.85	0.1413	<0.0001
Ciclo IV	7.00	0.124	4.40	0.1151	<0.0001
Media Total	7.12	0.1135	4.87	0.0809	<0.0001

El Cu arrojó datos de 6.83 a 7.67 mg/kg en análisis de química húmeda (Cuadro 6), los valores se muestran dentro del rango al compararlo con la investigación de Macías et al. (2019) quienes expusieron valores de 5.63 mg/kg a 8.13 mg/kg para *Megathyrus maximus* var. Mombaza. En otro estudio muestran cantidades similares de Cu con 6.71 mg/kg (Alalade et al. 2014).

### Hierro (Fe).

En la comparación de tratamientos se evidencia que el Hierro presentó diferencias significativas en todos los tratamientos (Cuadro 7), por ende, no se puede validar el TaurusWebs® para el análisis de este mineral. No obstante, esto difiere con el experimento de Osorio and Cartagena (2022) que en su investigación no encontraron diferencias significativas para este mineral.

#### Cuadro 7

*Comparación de medias (mg/kg) del análisis del micromineral Hierro (Fe) en laboratorio vs TaurusWebs®.*

Ciclo	Control		TaurusWebs		Valor P
	Media	E.E.	Media	E.E.	
Ciclo I	208.4	6.2906	134.45	5.1167	<0.0001
Ciclo II	233.33	10.8785	131.38	6.1138	<0.0001
Ciclo III	197.42	5.0379	118.04	4.5031	<0.0001
Ciclo IV	196	3.6559	109.27	1.9777	<0.0001
Media Total	205.7	3.1937	123.26	2.4539	<0.0001

El Fe, denotó una media más alta de 233.33 mg/kg (Cuadro 7), valor que se aproxima a los obtenidos en la evaluación de Alalade et al. (2014) con un contenido de 242.3 mg/kg en promedio. También se puede confirmar que el Fe alcanzó valores aceptables con el estudio de Khan et al. (2007), quienes presentaron una relación indirectamente proporcional de la edad de corte con la concentración de Fe en la planta, en este estudio, el ciclo I obtuvo un valor de 208.4 mg/kg y en el último ciclo 196 mg/kg.

### Zinc (Zn).

De igual modo en la comparación entre tratamientos, en el ciclo IV como en la comparación de todo el experimento no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 8), por lo que se concluye que el Zinc podría ser validado para el análisis en TaurusWebs®. Estos hallazgos coinciden con los de Osorio and Cartagena (2022), quienes en su experimento tampoco presentaron diferencias significativas para el mineral Zn.

**Cuadro 8**

*Comparación de medias (mg/kg) del análisis del micromineral Zinc (Zn) en laboratorio vs TaurusWebs®.*

Ciclo	Control		TaurusWebs		Valor P
	Media	E.E.	Media	E.E.	
Ciclo I	23.47	0.8528	29.3	0.3543	<0.0001
Ciclo II	28.5	2.0807	28.33	0.2142	0.0301
Ciclo III	32.08	1.6699	28.29	0.3035	0.0011
Ciclo IV	34.09	2.0822	28.45	0.2506	0.3952
Media Total	29.16	0.8621	28.68	0.1643	0.4929

El Zn, reveló resultados de 23.47 a 34.09 mg/kg (Cuadro 8), que se acercan a la cantidad del estudio de Dharanee et al. (2019) de 37 mg/kg para las condiciones que más se asimilan a las de este experimento. Asimismo, Cevallos and Segovia (2022) reportaron 23 mg/kg de Zn para la variedad Mombaza en su experimento en la Universidad de Costa Rica.

**Manganeso (Mn).**

Para el mineral Manganeso no es posible demostrar una validación para el tratamiento TaurusWebs®, debido a que en todos los ciclos existió una diferencia significativa entre tratamientos (Cuadro 9).

**Cuadro 9**

*Comparación de medias (mg/kg) del análisis del micromineral Manganeso (Mn) en laboratorio vs TaurusWebs®.*

Ciclo	Control		TaurusWebs		Valor P
	Media	E.E.	Media	E.E.	
Ciclo I	56.6	3.7485	89.93	8.7716	<0.0001
Ciclo II	101	9.4155	58.67	4.4954	<0.0001
Ciclo III	77.08	4.6354	65.04	7.3	0.0026
Ciclo IV	80	2.8477	88.98	7.2226	0.0337
Media Total	74.09	2.5495	81.37	4.1234	0.0339

El Mn, señaló según laboratorio una media de concentración promedio, de 74.09 mg/kg (Cuadro 9), que al compararlo con Cevallos and Segovia (2022) quienes que en su estudio del pasto Mombaza presentaron valores de 58 a 89 mg/kg de Mn, se afirma que se encuentran dentro del rango.

De la misma manera, se confirma con el estudio de Dharanee et al. (2019) quienes obtuvieron una media de 69 mg/kg para el Manganeseo.

Finalmente, Ospina (2022), menciona que los minerales son nutrientes muy variables dependiendo de la época del año, la altura de corte, la variedad analizada, como también la iluminación al momento de la toma de fotografía.

### **Conclusión**

Bajo las condiciones de este estudio, el TaurusWebs<sup>®</sup>, no puede sustituir a los métodos convencionales de análisis bromatológicos. Esto debido a que hubo diferencia significativa entre los resultados al comparar ambos métodos (Análisis química húmeda vs TaurusWebs<sup>®</sup>).

### **Recomendaciones**

Realizar una investigación con diferentes cámaras y calibraciones de balances de blancos para determinar la calibración más adecuada en comparación a los resultados de un laboratorio (control).

Realizar un estudio en el cual consideren como variable, las condiciones climáticas en la que se realiza el experimento, ejemplo periodo de lluvias vs periodo seco.

## Referencias

- Alalade J, Akingbade A, Akinlade J, Akanbi W, Gbadamosi J, Okeniyi G, Ajibade AO, Akanji KA. 2014. Herbage yield and nutritive quality of panicum maximum intercropped with different legumes. *International Journal of Science, Environment and Technology* 3(1): 224–232. <https://www.ijset.net/journal/245.pdf>
- Arriojas L, Chacon E. 1989. Producción de materia seca valor nutritivo y valor alimenticio de las pasturas introducidas en las sabanas venezolanas. Maracay, Venezuela (Cursillo sobre Bovinos de Carne, IV), pág. 215–231.
- Cevallos E, Segovia J. 2022. Tasa de crecimiento y composición química de los pastos tanzania y mombasa (*Megathyrsus maximus*) en época seca y lluviosa [Tesis]. La Maná, Ecuador. 61 p. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8647/1/UTC-PIM-%20000477.pdf>
- Controlatoria General de la República Chile. 2012. Guía práctica para la construcción de muestras. Disponible en línea en [https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_chl\\_const.pdf](https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_chl_const.pdf), Última comprobación el 08/02/2023.
- Cornejo S, Vargas P, Párraga P. 2019. Respuesta morfológica, nutricional y productiva del Pasto Tanzania *Panicum maximum* cv. a tres edades de corte. *PRO-SCIENCES: Revista de Producción, Ciencias e Investigación* 3(23): 9–17, Última comprobación el 2023.
- Dairy One. 2019. About the Forage Laboratory. edit. por Flourish Design Studio. Disponible en línea en <https://dairyone.com/services/forage-laboratory-services/about-the-forage-laboratory/>, Última actualización el 15/11/2021, Última comprobación el 08/02/2023.
- Dharanee S, Jayasekera L, Andreas L. 2019. Taxonomical and Chemical Characterization of *Panicum maximum* L. from Different AgroEcological Zone of Sri Lanka 31 (1). Disponible en línea en [https://www.researchgate.net/profile/Ranjith-Jayasekera/publication/334987616\\_Vegetos-An-International-Journal-of-Plant-Research-Taxonomical-and-Chemical-Characterization-of-Panicum-maximum-L-from-Different-Agro-Ecological-Zone-of-Sri-Lanka/links/5d48f9054585153e593fec2/Vegetos-An-International-Journal-of-Plant-Research-Taxonomical-and-Chemical-Characterization-of-Panicum-maximum-L-from-Different-Agro-Ecological-Zone-of-Sri-Lanka.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ranjith-Jayasekera/publication/334987616_Vegetos-An-International-Journal-of-Plant-Research-Taxonomical-and-Chemical-Characterization-of-Panicum-maximum-L-from-Different-Agro-Ecological-Zone-of-Sri-Lanka/links/5d48f9054585153e593fec2/Vegetos-An-International-Journal-of-Plant-Research-Taxonomical-and-Chemical-Characterization-of-Panicum-maximum-L-from-Different-Agro-Ecological-Zone-of-Sri-Lanka.pdf), Última comprobación el 14/07/2023.
- Díaz M, Morales C. 2003. Efecto de la fertilización nitrogenada, edad de corte y altura de corte sobre la producción de los pastos Andropogón (*Andropogon gayanus*), Transvala (*Digitaria eriantha*) y Tobiata (*Panicum maximum*) en El Zamorano, Honduras. Proyecto Especial de Graduación. El Zamorano, San Antonio de Oriente, Francisco Morazan. Disponible en línea en <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/9a34bd6b-64c2-4fdd-9904-c02bda8be4d0/content>.
- Homen M, Entrena I, Arriojas L, Ramia M. 2010. Biomasa y valor nutritivo del pasto Guinea *Megathyrsus maximus* (Jacq.) en diferentes períodos del año en la zona de bosque húmedo tropical, Barlovento, estado Miranda. *Zootecnia Tropical* 28(2): 255–265. Disponible en línea en <https://ve.scielo.org/pdf/zt/v28n2/art11.pdf>, Última comprobación el 13/07/2023.
- Karlen G. 2015. Minerales en la alimentación bovina. Disponible en línea en [https://www.gaviglio.com/sala\\_de\\_prensa/medios/minerales-en-la-alimentacion-bovina-159](https://www.gaviglio.com/sala_de_prensa/medios/minerales-en-la-alimentacion-bovina-159), Última actualización el 07/02/2023, Última comprobación el 07/02/2023.

- Khan Z, Ashraf M, Ahmad K, Mustafa I, Danish M. 2007. Evaluation of micro minerals composition of different grasses in relation to livestock requirements 39 (3), pág. 719–728. Disponible en línea en [https://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/39\(3\)/PJB39\(3\)719.pdf](https://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/39(3)/PJB39(3)719.pdf).
- Lara H. 2002. Efecto de cuadro niveles de nitrogeno, dos de azufre y dos edades de corte en produccion de materia seca de panicum maximum cv Tobiata. Proyecto Especial de Graduación, Zamorano, San Antonio de Oriente, Francisco Morazan. Disponible en línea en <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/f42a761e-a3c5-4d21-ac0c-8015ac3acb92/content>, Última comprobación el 13/07/2023.
- Macías D, Vargas P, Solórzano M, Mendoza F, Intriago F. 2019. Evaluación agroproductiva del pasto *Panicum maximum* CV. mombaza en el cantón El Carmen, Manabí-Ecuador. Revista ESPAMCIENCIA 10(2): 78–84. Disponible en línea en [http://revistasespam.espam.edu.ec/index.php/revista\\_espamciencia/article/view/198](http://revistasespam.espam.edu.ec/index.php/revista_espamciencia/article/view/198).
- MapBox: Mapcarta. Valle del Zamorano. Disponible en línea en <https://mapcarta.com/es/19984730>, Última comprobación el 08/02/2023.
- Naranjo F, Rodriguez N, Uron A. 2022. Caracterización bromatológica de pastos en seis municipios del Departamento de Norte de Santander, Colombia. Scientia et Technica 27(4). DOI: 10.22517/23447214.24725.
- Nava R, Gomez Díaz MR, Carbajal Suárez Y, Salgado Vega MC, García Bencomo MI, Jimenez Terrazas CP. 2020. La industria manufacturera: productividad y crecimiento sustentable. Memorias del VII Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Económico Administrativas: La industria manufacturera: productividad y crecimiento sustentable. Disponible en línea en <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/109556>
- Olaide S, Amisu A, Aniwe P, Aderemi V, Ayodeji T, Olanite J. 2019. Effects of animal manures and cutting height on the chemical composition of two *Panicum maximum* varieties Local and Ntchisi harvested at different stages of growth. Pertanika Journal Tropical Agricultural Science 42(1): 359–376. Disponible en línea en [https://www.researchgate.net/profile/Saheed-Jimoh/publication/328802864\\_Effects\\_of\\_animal\\_manures\\_and\\_cutting\\_height\\_on\\_the\\_chemical\\_composition\\_of\\_two\\_Panicum\\_maximum\\_varieties\\_Local\\_and\\_Ntchisi\\_harvested\\_at\\_different\\_stages\\_of\\_growth/links/5c7711a2458515831f756d1c/Effects-of-animal-manures-and-cutting-height-on-the-chemical-composition-of-two-Panicum-maximum-varieties-Local-and-Ntchisi-harvested-at-different-stages-of-growth.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Saheed-Jimoh/publication/328802864_Effects_of_animal_manures_and_cutting_height_on_the_chemical_composition_of_two_Panicum_maximum_varieties_Local_and_Ntchisi_harvested_at_different_stages_of_growth/links/5c7711a2458515831f756d1c/Effects-of-animal-manures-and-cutting-height-on-the-chemical-composition-of-two-Panicum-maximum-varieties-Local-and-Ntchisi-harvested-at-different-stages-of-growth.pdf), Última comprobación el 13/07/2023.
- Osorio A, Cartagena C. 2022. Calibración y validación de algoritmo del programa TaurusWebs para análisis de minerales en pasturas. Proyecto Especial de Graduación. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, San Antonio de Oriente, Francisco Morazan.
- Ospina O. 2022. Consideraciones al momento de toma de muestras.
- Pizzani, Pablo (2005): Utilización del fósforo fítico en la alimentación de rumiantes. En: *Pizzani*, pág. 151–169. Disponible en línea en [http://www.agrominerales.com/interes/trabajos\\_suplementacion\\_vzla/UTILIZACIONDEFOSFOROFITICOENLOS RUMIANTES.pdf](http://www.agrominerales.com/interes/trabajos_suplementacion_vzla/UTILIZACIONDEFOSFOROFITICOENLOS RUMIANTES.pdf), Última comprobación el 07/02/2023.
- Rodriguez, A.; Banchemo, G. (2007): Deficiencia de Minerales en Rumiantes. En: *INIA* 13, pág. 11–15. Disponible en línea en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6864/1/revista-INIA-13-p.11-15.pdf>, Última comprobación el 07/02/2023.

SADEP: TaurusWebs: SADEP. Disponible en línea en <https://tauruswebswp.com/>, Última comprobación el 07/02/2023.

Senra; Martínez, R.; Jordán, H.; Ruiz, T.; Reyes, J.; Guevara; Ray (2005): Principios básicos del pastoreo rotacional eficiente y sostenible para el subtrópico americano. En: *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 39 (1), pág. 23–30. Disponible en línea en <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017852003.pdf>, Última comprobación el 07/02/2023.

Troncoso, Humberto (2018): Alimentación de Bovinos en Pastoreo. Depto. de Nutrición Animal y Bioquímica. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Disponible en línea en <https://bmeditores.mx/ganaderia/alimentacion-de-bovinos-en-pastoreo-1608/>, Última actualización el 20/01/2020, Última comprobación el 06/02/2023.

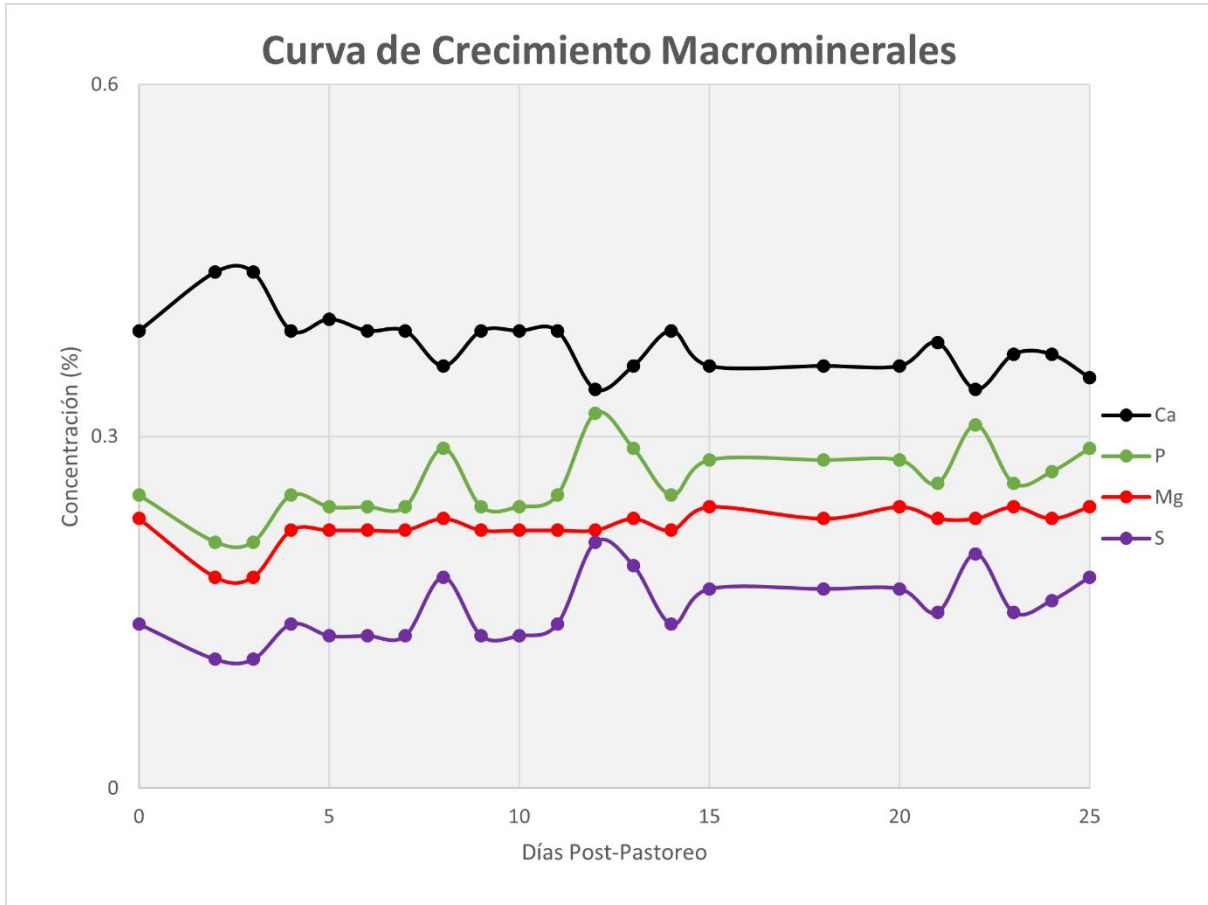
Verdecia, D.; Ramírez, J.; Leonard, I.; Pascual, Y.; López, Y. (2008): Rendimiento y componentes del valor nutritivo del *Panicum maximum* cv. Tanzania. En: *REDVET, Revista Electrónica de Veterinarios* 9 (5), pág. 1–9. Disponible en línea en <https://www.redalyc.org/pdf/636/63611397008.pdf>, Última comprobación el 13/07/2023.

Vernaza; Alcívar Acosta, Euster Herwinton; Barcia Anchundia, Johnny Xavier (2022): Utilización de harina de morera (*Morus Alba*) en alimentación de cerdos en etapa de crecimiento. En: *Rev Colombiana Ciencia Animal. RECIA* 14 (2), e918-e918. DOI: 10.24188/recia.v14.n2.2022.918.

## Anexos

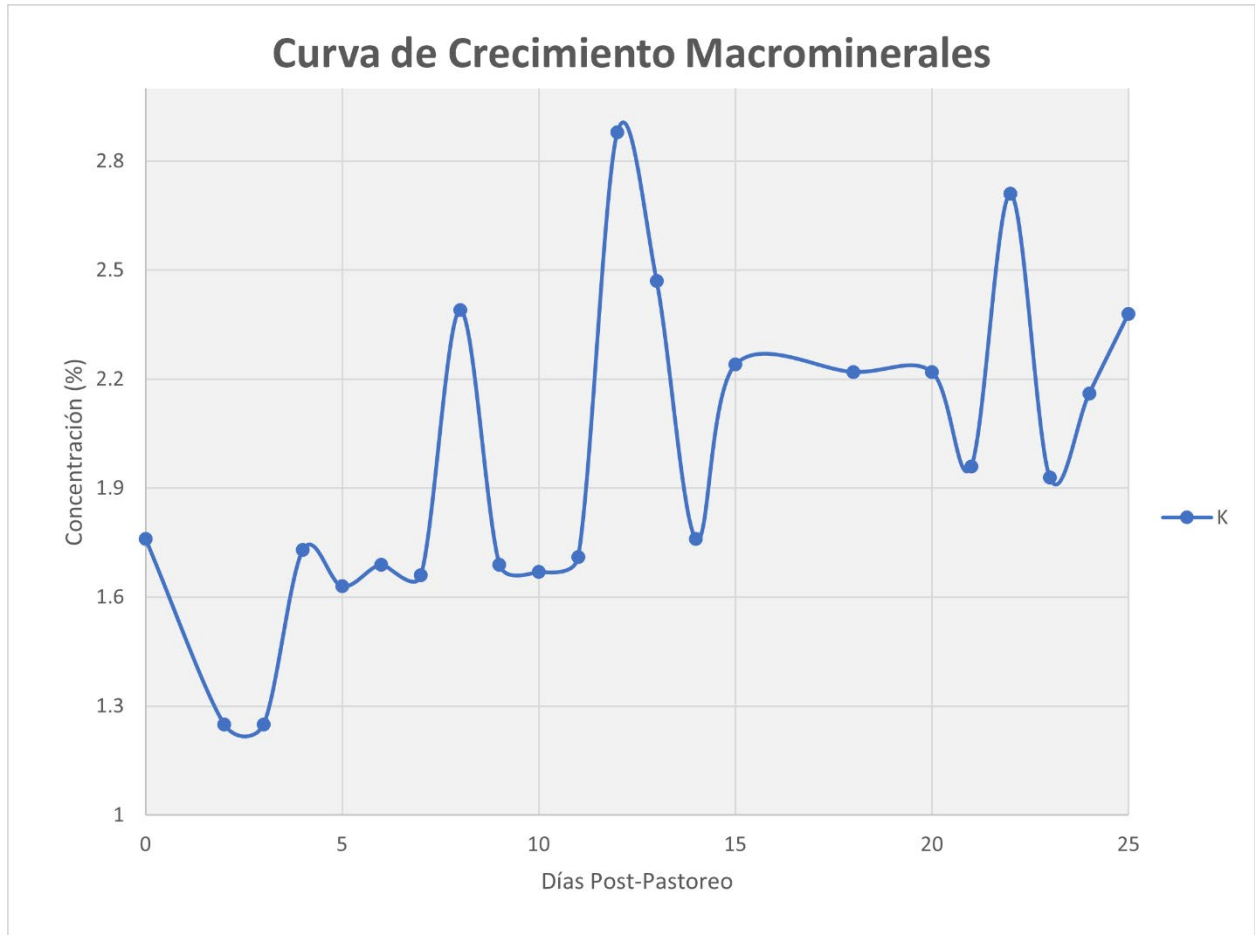
## Anexo A

Curva de crecimiento de macrominerales Calcio, Fósforo, Magnesio y Azúfre de 0 a 25 días post-pastoreo según TaurusWebs®.



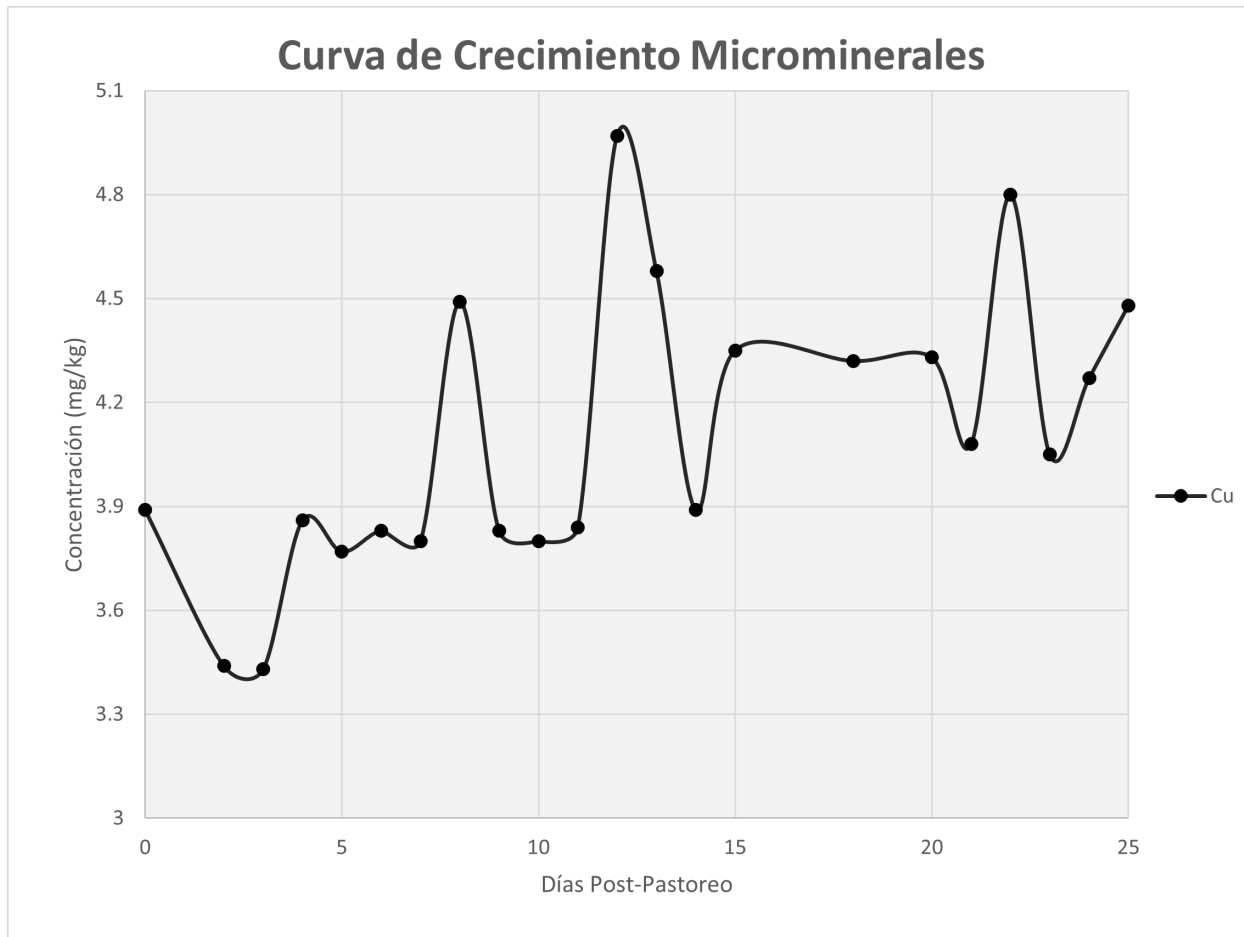
**Anexo B**

*Curva de crecimiento de macromineral Potasio de 0 a 25 días post-pastoreo según TaurusWebs®.*



## Anexo C

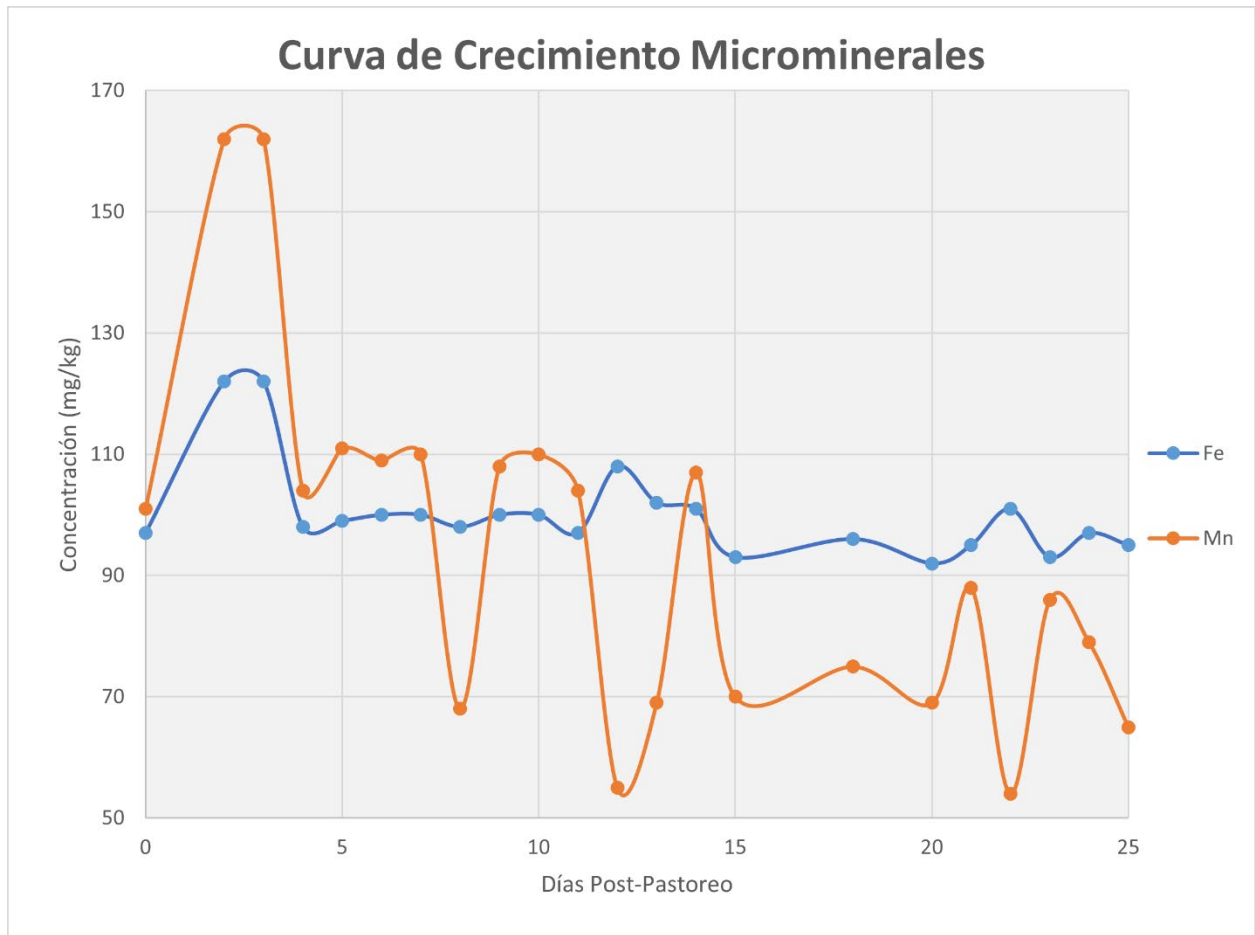
Curva de crecimiento de micromineral Cobre de 0 a 25 días post-pastoreo según TaurusWebs®.



**Anexo D**

Curva de crecimiento de microminerales Hierro y Manganeso de 0 a 25 días post-pastoreo según

TaurusWebs®.



## Anexo E

Curva de crecimiento de micromineral Zinc de 0 a 25 días post-pastoreo según TaurusWebs®.

