

CAPÍTULO 3

Efectos de la fertilización orgánica e inorgánica sobre variables agroproductivas y composición química del pasto bermuda, *Cynodon dactylon* L. Pers.

Effects of organic and inorganic fertilization on agro-productive variables and chemical composition of Bermuda grass, *Cynodon dactylon* L. Pers.

Daniel Loreto Amoretti^{*1} ; Arnaldo José Armado Matute² ; Darwin Alberto Núñez Torres³  y Henry Baloy Porras^{*4} .

¹Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela. <https://ror.org/05sj7yp62>. tlloreto@hotmail.com

²Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela. <https://ror.org/05sj7yp62>. aarmado@uc.edu.ve

³Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda, Ecuador. <https://ror.org/005cgg117>. danunez@ueb.edu.ec

⁴Universidad Politécnica Territorial del Estado Mérida Kleber Ramírez, UPTMKR. Mérida, Venezuela. porrasbaloy@gmail.com

*Autor para correspondencia: porrasbaloy@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.63804/gb.1.1.3>

Resumen

En la producción de bovinos y caprinos la alimentación es la que mayor impacto tiene en los costos de producción siendo el forraje la principal fuente de alimento en los sistemas de producción. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de la aplicación de diversos fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el suelo y su rendimiento en un cultivo de pasto bermuda mediante un estudio bromatológico. Para ello se dividió una parcela de una finca ubicada en el estado Cojedes, Venezuela en 15 bloques donde se aplicó por triplicado cada uno de los tratamientos, entre ellos, urea, Agrodol, Agrocél, Agrodol con Agrocél, y el control. Para la bromatología, los valores de proteína oscilaron entre (6,57-20,03) %, la materia fresca entre (1000-3750) Kg/Ha, la materia seca entre (11,6-35,0) % y el grado de ceniza entre (8,67-22,05) %. Tras contrastar los resultados mediante un análisis estadístico empleando el programa IBM SPSS Statistics 26 se evidenció una respuesta positiva en el rendimiento del pasto y significativamente favorable en los tratamientos orgánicos sobre los inorgánicos, específicamente los tratamientos II (Agrodol) y el tratamiento IV (Agrodol con Agrocél).

Palabras clave: almacenamiento de carbono en el suelo; degradación del suelo; gestión sostenible del suelo; prácticas agrícolas.

Citación sugerida: Loreto D.; Armado A.; Núñez D. y Baloy H. (2025). Efectos de la fertilización orgánica e inorgánica sobre variables agroproductivas y composición química del pasto bermuda, *Cynodon dactylon* L. Pers.. En *Aplicaciones prácticas en el manejo del suelo y fertilización de cultivos* (pp. 64–84). Colección seriada: GLEBE, 1(1). <https://doi.org/10.63804/gb.1.1.3>.



Recibido: 4 de abril, 2025
Revisado: 12 de mayo, 2025
Aceptado: 19 de junio 2025

Abstract

In the production of cattle and goats, feeding has the greatest impact on production costs, with forage being the main source of food in production systems. The objective of this study was to evaluate the effects of applying various organic and inorganic fertilizers to the soil and their impact on yield Bermuda grass crop through a bromatological study. To do this, a plot of land located in the Cojedes state, Venezuela, was divided into 15 blocks, where each of the treatments was applied in triplicate, including urea, Agrodol, Agrocel, Agrodol with Agrocel, and the control. For the bromatological analysis, the protein values ranged from 6.57 % to 20.03 %, fresh matter ranged from 1000 to 3750 kg/ha, dry matter ranged from 11.6 % to 35.0 %, and the ash content ranged from 8.67 % to 22.05 %. After contrasting the results through a statistical analysis using IBM SPSS Statistics 26, a positive response in grass yield was observed, significantly favorable in the organic treatments over the inorganic ones, specifically treatments II (Agrodol) and IV (Agrodol with Agrocel).

Keywords: agricultural practices; soil carbon storage; soil degradation; sustainable soil management.

Introducción

Los pastos son una fuente de componentes esenciales, accesibles y económicos en la producción ganadera, que generalmente se utiliza en el sector ganadero para la alimentación de los animales. Sin embargo, para obtener el mejor beneficio de éstos, es necesario que sean de buena calidad nutritiva. Las especies forrajeras han tenido un gran impacto en climas cálidos, por ser un alimento de costo muy bajo, así como también por su aporte en cuanto a los requerimientos proteínicos en la dieta animal [1].

La fertilización de cultivos ha sido históricamente basada en las respuestas de rendimiento frente a nutrientes específicos, como nitrógeno, N, fósforo, P, y potasio, K, con el objetivo de determinar dosis óptimas para maximizar la producción. Sin embargo, esta aproximación tradicional, sustentada en pruebas de suelo y centrada en la disponibilidad de nutrientes, ha demostrado limitaciones significativas, como la sobre aplicación de fertilizantes y sus efectos adversos sobre el medio ambiente. En este contexto, se han propuesto nuevas estrategias basadas en diagnósticos dinámicos del estado nutricional de las plantas, como el concepto de la “curva de dilución crítica de N”. Estas herramientas permiten ajustar la fertilización de forma precisa y en tiempo real, alineando la oferta de nutrientes con la demanda específica del cultivo [2].

Para un manejo y desarrollo de los cultivos, la fertilización es importante ya que,

dependiendo de requerimientos nutricionales y de condiciones edáficas, se recomienda abonar totalmente al momento de la siembra o de forma fraccionada (reabonos), a fin de lograr mayor absorción de nutrimentos (en especial el nitrógeno, por ser altamente movible en su forma inorgánica), poder cubrir con mayor eficiencia la demanda nutricional y obtener los mejores rendimientos a la cosecha [3].

La gestión agrícola desempeña un papel determinante en los procesos y funciones del suelo, influyendo directamente en su productividad y sostenibilidad. El surgimiento de nuevas prácticas de manejo, impulsadas por restricciones biofísicas y avances tecnológicos, plantea desafíos importantes debido a sus impactos desconocidos en el funcionamiento del suelo. Estas incertidumbres limitan la capacidad para evaluar su contribución al paradigma de intensificación sostenible, que busca satisfacer la creciente demanda de alimentos y productos no alimentarios sin comprometer la calidad ambiental. En el contexto de la intensificación sostenible, el manejo del suelo se orienta a incrementar la productividad agrícola al tiempo que se preservan o mejoran funciones esenciales como el almacenamiento de carbono y el mantenimiento de hábitats biológicos [4].

El manejo sostenible de los suelos agrícolas es un desafío prioritario en el contexto de la creciente demanda de alimentos y la necesidad de mitigar los impactos ambientales derivados de prácticas agrícolas intensivas. Los suelos, como componente principal de los ecosistemas terrestres, desempeñan un papel importante en la producción agrícola puesto que funcionan como almacenamiento de carbono y regulador de los ciclos biogeoquímicos. Sin embargo, la degradación de su calidad, ocasionada por el uso excesivo de fertilizantes químicos, promueven la pérdida de materia orgánica y el deterioro estructural, al tiempo que pone en riesgo la sostenibilidad de los sistemas agrícolas y con ello la seguridad alimentaria global [5], [6].

El manejo de fertilización desempeña un papel importante en la productividad y calidad de los cultivos, impactando también las propiedades del suelo y la sostenibilidad del sistema agrícola. En estudios recientes, se ha demostrado que los fertilizantes orgánicos, como compost combinado con biofertilizantes y subproductos agroindustriales como la torta de filtro, mejoran los rendimientos de semillas y biomasa, y promueven características químicas y físicas favorables en los cultivos, en comparación con los fertilizantes inorgánicos [7].

En este marco, surge la necesidad de implementar estrategias basadas en la aplicación de tratamientos químicos y orgánicos que permitan restaurar y mantener la fertilidad del suelo. Estudios recientes han explorado la efectividad de estas intervenciones, evaluando parámetros clave como el rendimiento de cultivos, el pH del suelo, la capacidad de intercambio catiónico y otros indicadores de salud edáfica.

Este trabajo se centró en el análisis comparativo de tratamientos químicos y orgánicos en suelos agrícolas, con énfasis en su impacto sobre la productividad y la calidad del suelo. Utilizando datos recopilados en estudios previos y ensayos experimentales realizados en el Laboratorio de Investigaciones Bioquímicas, Suelos y Ambiente, LIBSA, se buscó identificar las mejores prácticas para maximizar el rendimiento agrícola de manera sostenible. Además, se abordó la relación costo-beneficio de las diferentes estrategias, subrayando la importancia de adoptar enfoques integrales que combinen efectividad económica y ambiental.

Metodología

Cultivo de pasto Bermuda

Se realizó un cultivo de pasto Bermuda en una parcela de una finca ubicada en el municipio Tinaco, sector La Villeguera Estado Cojedes, Venezuela, en las coordenadas 9°41'49"N 68°28'14"W, a los cuales se les realizó una fertilización orgánica e inorgánica.

Se dividió la parcela en bloques experimentales de 10x10m y por triplicado de cada tratamiento, dando un total de 15 bloques experimentales, distribuidos bajo un diseño de bloques completamente al azar, con tres repeticiones por tratamiento. En la Tabla 1 se muestran el esquema de los tratamientos.

Tabla 1: Esquema y metodología de la fertilización.

Tratamiento	Tipo de fertilización	Número de aplicaciones	Momento de la aplicación	Dosis
I	Urea	2	Al momento del arraigo 30 días luego del arraigo	1 kg disuelto en agua 2 kg aplicado al voleo
II	Agrodol	2	Al momento del arraigo 30 días luego del arraigo	4 kg por aplicación
III	Agrocell	2	Al momento del arraigo y 30 días luego del arraigo	4 kg por aplicación
IV	Agrocell + Agrodol	1 Agrocell	30 días previo a la siembra	2 kg
		2 Agrodol	Al momento del arraigo 30 días luego del arraigo	2 kg por aplicación
V	Control	0	No hubo aplicación	0

Arraigo: cuando emergen las primeras hojas verdes.

Los cuales consistieron en:

- Tratamiento I: Fertilización inorgánica: urea, 200 kg/ha, dos aplicaciones.

- Tratamiento II: Fertilización orgánica: con Agrodol, 266 kg/ha, dos aplicaciones.
- Tratamiento III: Fertilización orgánica: con Agrocel, 266 kg/ha, dos aplicaciones.
- Tratamiento IV: Fertilización orgánica: combinación de Agrodol, 133 kg/ha y Agrocel, 133 kg/ha, dos aplicaciones.
- Tratamiento V: Control, sin fertilización.

Fertilizantes

Se empleó como fertilizante inorgánico urea disponible comercialmente, y para la fertilización orgánica Agrodol y Agrocel, suministrados por la empresa PROMIVECA, cuya composición se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2: Composición de los fertilizantes orgánicos empleados.

Composición química	Agrodol	Agrocel
Materia orgánica, %	56	60
Ácido húmico, %	18 - 19	9 - 10
Ácido fúlvico, %	0,5 - 1	0,25 - 0,5
Humedad, %	10 - 12	10 - 12
Contenido de nitrógeno, N, %	5 - 6	2 - 3
Contenido de fósforo, P ₂ O ₅ , %	2 - 4	1 - 2
Contenido de potasio, K ₂ O, %	2 - 3	1 - 2
Contenido de calcio, CaO, %	10 - 12	5 - 6
Contenido de magnesio, MgO, %	5 - 6	2 - 3

Muestras de suelo

Se recolectaron muestras antes del establecimiento del cultivo y al finalizar el experimento para determinar las características fisicoquímicas del suelo.

La toma de muestra inicial (previa a la división de los bloques), consistió en un muestreo aleatorio en zigzag a lo largo del área total en estudio (2000 m² aproximadamente), tomando 7 muestras simples que se mezclaron para formar una muestra compuesta, que se analizó para obtener los valores de las propiedades fisicoquímicas iniciales del suelo.

La segunda toma de muestras de suelo se realizó al finalizar el experimento, posterior a la cosecha del tercer corte de pasto. Se realizó un muestreo aleatorio, estratificado, tomando tres (3) puntos de muestreo (muestras simples) dentro de cada bloque experimental alcanzando nueve (9) muestras simples, las cuales fueron mezcladas para constituir una muestra compuesta por cada tratamiento. De esta manera las cinco (5) muestras

compuestas se analizaron para conseguir la variación de las propiedades fisicoquímicas por tratamiento.

Para ambas tomas de muestras, la profundidad fue de 0 - 20 cm en cada punto de muestreo. Las muestras fueron secadas al aire durante 72 horas, y almacenadas a temperatura ambiente en bolsas de polietileno cerradas, hasta su análisis.

Determinación de propiedades fisicoquímicas del suelo

En la tabla 3 se hace referencia a los métodos empleados en la determinación de las propiedades fisicoquímicas del suelo que incluyeron análisis de pH, conductividad eléctrica, contenido de humedad, capacidad de retención de humedad, materia orgánica, nitrógeno amoniacal, fósforo disponible, capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables (Ca^{2+} y Mg^{2+}).

Tabla 3: Metodologías empleadas en el análisis fisicoquímico de las muestras de suelos.

Propiedad fisicoquímica	Método	Referencia
pH	Método potenciométrico, relación 1:2 suelo: agua.	[8]
Conductividad eléctrica, mS/m	Método conductimétrico, relación 1:5 suelo: agua.	[9]
Materia orgánica, %	Perdidas por ignición (calcinación durante 50 minutos a 450 °C en una mufla).	[10]
Humedad, %	Método gravimétrico. Se somete la muestra a 105 °C en estufa durante 24 h.	[11]
Retención de humedad, %	Método gravimétrico. Cada muestra se coloca en un embudo, con un tapón de lana de vidrio previamente pesado, adicionando agua destilada a cada muestra hasta observar goteo y dejando reposar a temperatura ambiente. Tras 24 horas de haber hecho el montaje, se procedió a pesar cada muestra.	[12]
Nitrógeno amoniacal, N, %	Extracción con cloruro de potasio, con posterior reacción colorimétrica con salicilato/hidróxido, usando como agente oxidante dicloroisocianurato de sodio, medición la absorbancia a 690 nm.	[13]
Fósforo disponible, P_2O_5 , %	Método de Olsen (extracción con NaHCO_3 0,5 M pH: 8,5). Cuantificación mediante reacción con molibdato de amonio en medio ácido, usando ácido ascórbico y tartrato de antimonio y potasio.	[14]
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), cmol/kg	Extracción con NH_4Cl 1 N a pH 7. Posterior cuantificación de Ca y Mg en el filtrado, mediante método complejométrico con EDTA. Segundo lavado del suelo con solución de NaCl, y cuantificación de la CIC por titulación con NaOH.	[15]
Calcio intercambiable, cmol/kg		[16]
Magnesio intercambiable, cmol/kg		

Muestreo del cultivo

Se tomaron las muestras de pasto cada 3 semanas, dando un total de 3 cortes de pasto. Las muestras recolectadas se analizaron para determinar: contenido de proteína, contenido de cenizas, materia verde y materia seca.

Para la toma de muestra de pasto, se utilizó un marco metálico de área conocida (1 m²), el cual se arrojó para seleccionar tres puntos de muestreo en forma aleatoria, en cada uno de los bloques experimentales. En cada punto, se recortó todo el pasto que estuviera dentro del marco metálico (dejando de 3 - 4 cm de altura), con una tijera de jardinería. Los tres cortes se recolectaron en una bolsa de polietileno con pequeños orificios para evitar acumulación de humedad. Se identificó cada bolsa y se pesaron de inmediato, para el cálculo de la materia fresca [17]. Luego se trasladaron al laboratorio, para su posterior análisis. Este proceso se repitió para cada uno de los bloques experimentales, establecidos en el esquema de fertilización.

Análisis bromatológico del pasto bermuda

Para determinar las características nutritivas del pasto y su calidad se realizó un análisis bromatológico donde se midió materia fresca, materia seca, grado de ceniza y contenido de proteína.

Para la determinación de materia seca, se pesaron 50 g de materia fresca y se colocaron en una bandeja, para posteriormente ser calentada en una estufa con circulación forzada de aire a 60 - 65 °C por un lapso de 72 horas. Una vez transcurrido el tiempo se sacó la muestra de la estufa, se pesó, y se determinó la materia seca en porcentaje por diferencia de peso con la materia fresca [18]. Este procedimiento se realizó para cada una de las bolsas obtenidas del análisis de materia fresca.

Para la determinación del grado de cenizas, se tomó una porción exactamente pesada de la muestra obtenida en la determinación de materia seca, en un crisol de porcelana o platino (resistente a altas temperaturas) utilizando una mufla a temperaturas entre 500 y 600 °C durante 24 horas aproximadamente. El análisis se dio por terminado cuando el residuo estuvo libre de partículas carbonosas (de color negro) y las cenizas presentaron un color blanco o gris uniforme. Entonces, el crisol con las cenizas se dejó enfriar en desecadora y se pesó en balanza analítica hasta peso constante [8].

Para el análisis de proteína en el pasto, se realizó inicialmente un pretratamiento. Para ello, se utilizaron muestras procedentes del análisis de materia seca, las cuales se molieron a un tamaño de partícula de 1mm. Se realizó una extracción, utilizando como agente extractante hidróxido de calcio a pH 12, con una relación 1:15 (muestra: agente extractante) en un

Erlenmeyer en baño de maría con agitación constante. El extracto obtenido, se filtró con bomba de vacío y los sólidos se lavaron con 10 mL de agua destilada. El extracto y lavados se unieron y se almacenaron en nevera (4 °C) durante 24 horas. Posteriormente se centrifugaron durante 30 min. Una vez transcurrido el tiempo se filtró el sobrenadante por decantación sobre un embudo con papel de filtro. El filtrado se utilizó para determinar las proteínas utilizando el método de Lowry modificado [19].

Análisis económico

Se estimó el costo total por hectárea para cada tratamiento considerando los insumos (fertilizantes), mano de obra, y relación costo/beneficio.

Estadística

Se empleó el software IBM SPSS Statistics 26 para realizar un análisis de varianza, ANOVA, y pruebas post hoc, Shapiro-Wilk, con un nivel de confianza del 95 % [20]. Adicionalmente se realizó el análisis de Kruskal-Wallis para comparar las distribuciones de los tratamientos del I al V.

Resultados y discusión

Textura del suelo

La composición del suelo fue un aspecto importante en la evaluación de los tratamientos aplicados, identificándose como un suelo predominantemente arenoso con un 99 % de arena. Esta característica tiene implicaciones determinantes en cuanto a la disponibilidad de nutrientes y en la capacidad del suelo para retener agua. Por su naturaleza, los suelos arenosos presentan una baja capacidad de retención hídrica y de nutrientes, lo que puede afectar de manera considerable tanto el crecimiento de las plantas como la actividad microbiana [21].

Proteína en el pasto

Los niveles de proteína en el pasto variaron significativamente según los tratamientos y las condiciones de manejo del suelo, destacándose la interacción entre el microbiota y los nutrientes disponibles como un factor determinante. En la Figura 1 se observa la variabilidad en el contenido de proteínas para cada corte.

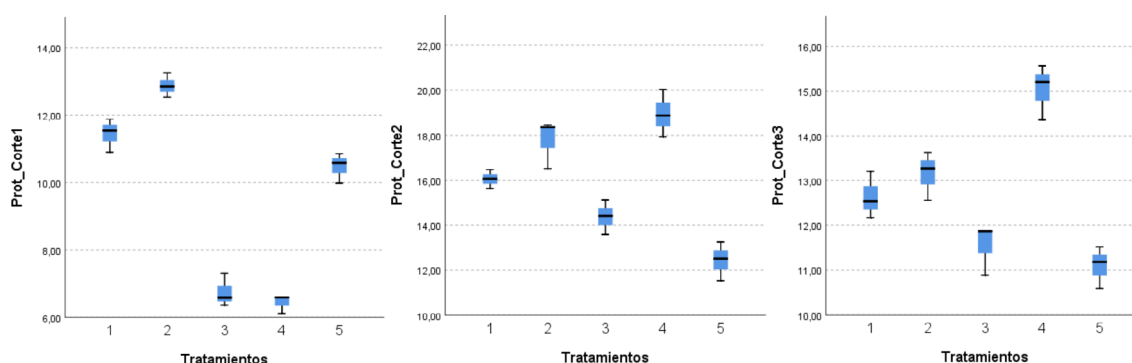


Figura 1. Prueba de Kruskal-Wallis para el análisis de proteínas (%) en el cultivo de pasto bermuda.

En el primer corte, los tratamientos III y IV, que incorporaron celulosa, mostraron contenidos proteicos más bajos (6,7 % y 6,9 %, respectivamente), en comparación con el tratamiento V (10,4 %), que no incluyó fertilización. Esto sugiere que el microbiota del suelo consumió una parte considerable de los nutrientes disponibles para procesar la celulosa, limitando su disponibilidad para el pasto [22].

Por el contrario, los tratamientos I y II, con fertilización inicial, alcanzaron niveles más altos de proteínas, resaltando la importancia de la disponibilidad inicial de nutrientes. Además, hay evidencia estadística significativa para afirmar que el tratamiento II tuvo mejor rendimiento que el tratamiento I, esto podría deberse entre otras cosas al pH del suelo, tema que se tocará más adelante en la discusión.

Con el tiempo, en los cortes 2 y 3, se evidenció una recuperación en los tratamientos con celulosa, lo que puede atribuirse a la estabilización de la población microbiana y a la liberación de nutrientes provenientes de la descomposición de materia orgánica. Este fenómeno reflejó una dinámica competitiva que evoluciona hacia un equilibrio, permitiendo una mejora en los niveles proteicos del pasto [23], [24].

Por otro lado, el tratamiento V a pesar de no contar con fertilización, no sufrió este comportamiento competitivo, lo que permitió al pasto acceder a una mayor proporción de los nutrientes disponibles y por ende tener un rendimiento proteico superior a los tratamientos III y IV, pero menor a los tratamientos I y II.

La competencia por nutrientes es un proceso donde diferentes organismos, incluyendo plantas y microorganismos, compiten por el acceso a los nutrientes esenciales como el nitrógeno, fósforo y potasio. En suelos arenosos, esta competencia puede ser aún más aguda debido a la lixiviación de nutrientes, lo que deja menos recursos disponibles para las plantas y microorganismos.

La mejora observada en los niveles de proteína en los cortes 2 y 3 para el tratamiento

IV sugiere que, con el tiempo, las plantas pudieron superar la competencia inicial por los nutrientes. Es posible que la microbiota haya alcanzado un equilibrio en el suelo, permitiendo que los nutrientes fueran utilizados de manera más eficiente tanto por la microbiota como por las plantas. Este fenómeno se alinea con estudios que indican que, tras un período de competencia inicial, los ecosistemas suelo-planta tienden a alcanzar un estado de equilibrio donde ambos componentes pueden coexistir y prosperar [23], [25].

Esto pone en relieve la complejidad de las interacciones suelo-planta-microbiota y su impacto en el valor nutritivo del pasto, destacando la necesidad de estrategias de manejo adaptadas.

Materia fresca

El análisis de biomasa, centrado en la materia fresca, mostró una tendencia general hacia un mayor rendimiento en el tratamiento I, particularmente en el corte 1, aunque sin diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) frente a los demás tratamientos. En el corte 2, sin embargo, se registraron diferencias significativas entre los tratamientos, destacándose el tratamiento I por su rendimiento superior frente a los tratamientos restantes. En el corte 3, el tratamiento I continuó mayores valores en comparación con los tratamientos III y IV, aunque sin diferencias significativas frente al tratamiento II.

En cuanto al nivel de biomasa, particularmente materia fresca se puede ver una tendencia a un mayor rendimiento para el tratamiento I. No obstante, en la Figura 2, se puede apreciar para el corte 1, que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

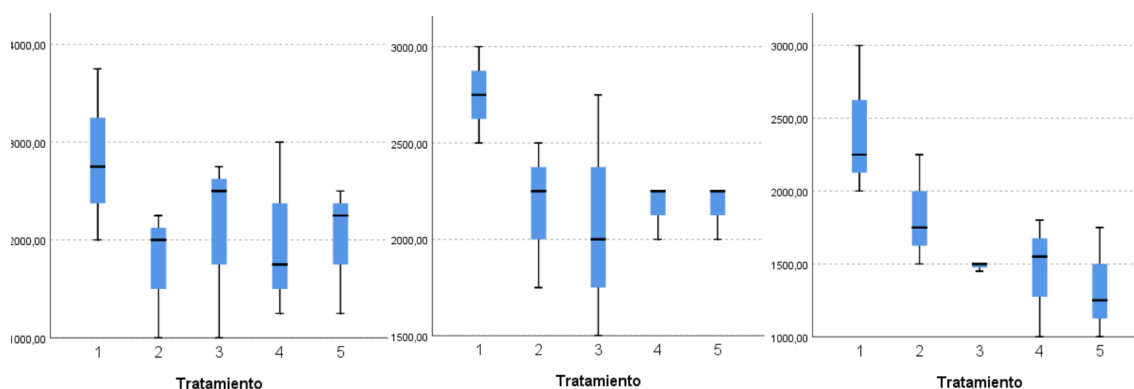


Figura 2. Prueba de Kruskal-Wallis para el análisis de materia fresca (kg/Ha) en el cultivo de pasto Bermuda.

En el corte 2, se encontró diferencia significativa entre tratamientos. Para los tratamientos I, II y III no existió diferencia significativa, mientras que los tratamientos IV y V sí presentaron diferencia significativa respecto al tratamiento I.

En el corte 3 se mantiene la tendencia del tratamiento I a mayor rendimiento, aunque no tuvo diferencia estadísticamente significativa respecto al tratamiento II, sí la tiene con los tratamientos III, IV y V, mientras no existieron diferencias significativas entre los tratamientos II, III, IV y V.

Materia seca

En el corte 1, la tendencia observada se invirtió respecto a los análisis de materia fresca. El tratamiento I presentó el menor rendimiento en porcentaje de materia seca, aunque sin diferencias estadísticamente significativas frente a los tratamientos II y IV, pero sí frente a los tratamientos III y V. Por el contrario, el tratamiento II mostró una tendencia a un mayor porcentaje de materia seca, sugiriendo menor contenido de agua, pero mayor concentración de componentes orgánicos e inorgánicos. Sin embargo, en los cortes posteriores, los comportamientos no se mantuvieron constantes y no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos. En este contexto, los tratamientos no influyeron significativamente en el porcentaje de materia seca del pasto.

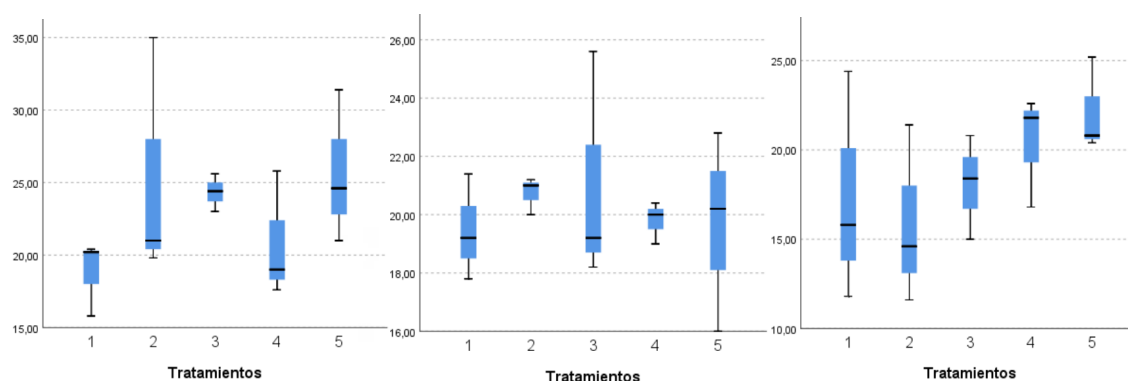


Figura 3. Prueba de Kruskal-Wallis para el análisis de materia seca (%) en el cultivo de pasto Bermuda.

Grado de ceniza

El grado de ceniza, indicador de la cantidad de minerales o material inorgánico en el tejido vegetal, presentó variaciones significativas entre cortes y tratamientos, como se muestra en la Figura 4.

En el primer corte, los valores oscilaron entre 10% y 20%, con mayor dispersión en los tratamientos III y V, siendo este último el que registró los valores más altos. Este comportamiento podría atribuirse a una mayor absorción de minerales en las etapas iniciales de crecimiento, influenciada por la fertilización y la heterogeneidad del suelo. La alta variabilidad observada sugiere diferencias en la acumulación de minerales no esenciales, especialmente en el tratamiento V, que destacó por su rango más amplio.

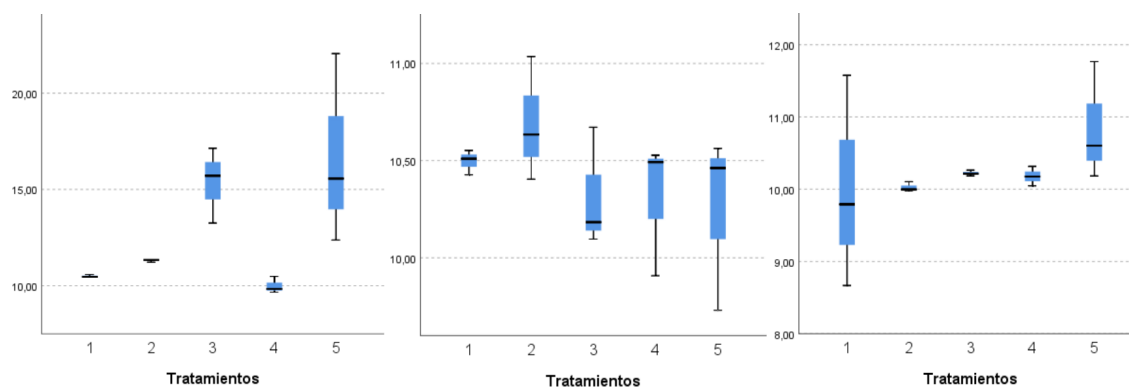


Figura 4. Prueba de Kruskal-Wallis para el análisis de grado de ceniza (%) en el cultivo de pasto Bermuda.

En el segundo corte, aunque el tratamiento II mostró un ligero incremento en el contenido de ceniza, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. En este corte, el contenido de cenizas disminuyó (entre 9% y 11%). El tratamiento V continuó destacándose con valores más elevados, posiblemente debido a la limitada eficiencia en el reciclaje de nutrientes en ausencia de fertilización.

Con esto en consideración, se puede sostener la idea de que la disponibilidad de minerales en el suelo juega un papel importante en el comportamiento de los tratamientos, incluso cuando las diferencias no son significativas desde un punto de vista estadístico.

En suelos arenosos, como los de este estudio, la mineralización natural puede contribuir a que las plantas en el tratamiento III y V absorban minerales disponibles de forma natural, lo que ayuda a explicar el contenido de cenizas en el tratamiento I. Sin embargo, la disminución del contenido de cenizas en el segundo corte podría estar relacionada con dos factores clave. Primero, el efecto residual del crecimiento en el primer corte: las plantas podrían haber absorbido una mayor cantidad de minerales durante el primer corte, lo que habría reducido la disponibilidad de estos para el segundo corte. En segundo lugar, la lixiviación podría haber resultado en la pérdida de una parte significativa de los minerales en el intervalo entre cortes, afectando la disponibilidad para el segundo corte.

Por lo tanto, en este corte, aunque no hay diferencias significativas entre los tratamientos, se puede apreciar una tendencia en la que los tratamientos orgánicos y el control parecen estar aprovechando diferentes mecanismos de absorción y mineralización, lo que justifica los valores observados.

En el tercer corte, los valores siguen siendo bajos, similares al segundo corte (de 9 % a 12 %) como se ve en la figura 4, siendo más bajo que los del primer corte. Esto sugiere que el contenido de cenizas disminuye con el tiempo, lo que podría ser un reflejo de la eficiencia en el uso de los nutrientes, y una menor acumulación de minerales no esenciales a medida que las plantas han pasado por varias fases de absorción de nutrientes.

Potencial de hidrógeno, pH, y disponibilidad de bases intercambiables

El pH del suelo influye significativamente en la disponibilidad de cationes como calcio y magnesio, debido a su efecto sobre la solubilidad de estos nutrientes. Los tratamientos III, IV y V mostraron un pH de 6,3-6,4, considerado óptimo para la disponibilidad de cationes. Sin embargo, los resultados indican que el calcio alcanzó sus mayores concentraciones en los tratamientos I y II (pH 5,0 - 5,8), mientras que el magnesio predominó en los tratamientos III, IV y V, siendo mayor en el tratamiento III y menor en el V, aunque sin diferencias significativas entre los tratamientos IV y V.

Este comportamiento puede explicarse por la lixiviación característica de suelos arenosos, donde el calcio, al ser más soluble, es fácilmente arrastrado en tratamientos con pH más neutro. En contraste, en condiciones más ácidas (tratamientos I y II), la menor solubilidad del calcio pudo reducir su lixiviación. Además, la competencia catiónica podría haber favorecido al magnesio en los tratamientos III, IV y V, donde su mayor concentración pudo ocupar sitios de intercambio catiónico, limitando la retención del calcio.

Capacidad de intercambio catiónico, CIC

La capacidad de intercambio catiónico, CIC, es un indicador que afecta la fertilidad del suelo, ya que representa la capacidad para retener y liberar cationes como Ca^{2+} y Mg^{2+} , requeridos para el desarrollo vegetal. En suelos arenosos, la CIC suele ser baja debido a la escasez de material orgánico y la limitada capacidad de adsorción de cationes de las partículas de arena. En este estudio, los tratamientos II y IV presentaron los valores más altos de CIC, siendo mayor en el tratamiento IV, mientras que los tratamientos I, III y V mostraron valores más bajos y sin diferencias significativas entre ellos. Esta mayor CIC en el tratamiento IV explica en parte su mejor desempeño en el nivel de proteína del pasto, al indicar una mayor disponibilidad de nutrientes. No obstante, aunque el tratamiento IV mostró la CIC más alta, se mantuvo entre 7-15 meq/100g, característica común en suelos arenosos [26].

Materia orgánica

La materia orgánica es un componente clave del suelo, ya que mejora tanto la capacidad de retención de humedad como la CIC. En este estudio, aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos I al V, el tratamiento IV mostró una leve tendencia hacia valores más altos, con una concentración promedio cercana al 6%. En comparación, los demás tratamientos presentaron niveles inferiores. Este comportamiento sugiere que la combinación de Agrodol con Agrocél (tratamiento IV) pudo haber favoreciendo la retención de nutrientes. La correlación observada entre el mayor CIC y el ligero incremento en materia orgánica podría ser un factor determinante

para explicar la mayor disponibilidad de nutrientes en este tratamiento, lo que permitió mantener un mejor desempeño durante el ciclo de crecimiento del pasto.

Capacidad de retención de humedad

La capacidad de retención de humedad del suelo es un factor que puede afectar el desarrollo de las plantas, especialmente en suelos arenosos con drenaje rápido. Los niveles más bajos de retención de humedad se observaron en el tratamiento I, que mostró una diferencia significativa respecto a los demás tratamientos, excepto el V. En contraste, los tratamientos III y IV presentaron los niveles más altos de retención de humedad, sin diferencias significativas entre ellos y los tratamientos II y V. Los tratamientos III y IV pudieron haber mejorado la distribución del agua en el perfil del suelo, extendiendo el acceso de las raíces a los nutrientes disponibles.

Nitrógeno amoniacal

El tratamiento con fertilización inorgánica, aunque efectivo para proporcionar un suministro rápido de nutrientes, no parece ser suficiente para optimizar el desarrollo del pasto en suelos con limitaciones físicas como los arenosos. En cuanto al nitrógeno amoniacal, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, lo que sugiere que los niveles de nitrógeno no fueron sustancialmente influenciados por los distintos tratamientos aplicados. No obstante, se observó una tendencia hacia una mayor concentración de nitrógeno en el tratamiento II, aunque esto no se tradujo en un mayor nivel de proteínas en el pasto.

Fósforo disponible

El tratamiento I presentó una alta concentración de fósforo, a pesar de tener un pH más ácido (pH 5), la baja cantidad de arcillas y materia orgánica en el suelo arenoso impidió que el fósforo se inmovilizara completamente, manteniéndolo suficientemente disponible para el pasto [27], [28]. Sin embargo, aunque el fósforo estuvo presente en altas concentraciones en el tratamiento I, no se observó una correlación directa con una mayor producción de proteínas, lo que sugiere que factores adicionales, como el equilibrio de nutrientes y las propiedades físicas del suelo, también jugaron un papel importante en el rendimiento del cultivo.

Este patrón también es consistente con los resultados de fósforo disponible observados en la figura 23, donde el tratamiento I muestra una alta concentración de fósforo, posiblemente debido a la presencia de fosfatos en la urea utilizada para fertilizar. A pesar del pH más ácido en este tratamiento (pH 5), la baja cantidad de arcillas y materia orgánica del suelo arenoso evitó que el fósforo se inmovilizara completamente, manteniéndose lo

suficientemente disponible para el pasto [29]. No obstante, aunque la presencia de fósforo fue alta en el tratamiento I, esto no se tradujo directamente en una mayor producción de proteínas, lo que sugiere que otros factores, como el equilibrio de nutrientes y las demás propiedades físicas del suelo, desempeñaron un rol crucial en el rendimiento del cultivo.

En particular, la combinación de una alta retención de humedad y una CIC favorable en el tratamiento IV parece haber proporcionado las condiciones ideales para un desarrollo óptimo del pasto. La disponibilidad sostenida de nutrientes, incluida una forma más estable de nitrógeno, permitió un mayor nivel de proteínas, mientras que, en otros tratamientos con menor retención de humedad, los nutrientes se lixiviaron más rápidamente, limitando su efecto positivo a largo plazo.

Factibilidad económica entre los esquemas de fertilización

Se realizó un análisis para determinar la viabilidad del uso de la fertilización orgánica e inorgánica, para ello, se comparó el costo de cada tratamiento en relación con los fertilizantes utilizados y la mano de obra requerida. En la Tabla 4 se muestran los costos asociados a cada tratamiento considerando sus dosis por hectárea, número de aplicaciones y mano de obra para su establecimiento y producción.

Tabla 4: Costos promedios de tratamientos por hectárea de pasto bermuda.

Tratamiento	Rubros	Unidad	Dosis/Ha.	Aplicaciones	Precio unitario, USD	Costo total/Ha, USD
I	Urea	kg	200	2	100	140
	Mano de obra	Jornal	2	2	10	
II	Agrodol	kg	266	2	127,68	167,68
	Mano de obra	Jornal	2	2	10	
III	Agrocel	kg	266	2	85,12	125,12
	Mano de obra	Jornal	2	2	10	
	Agrocel	kg	133	1	42,46	146,4
IV	Agrodol	kg	133	2	63,84	
	Mano de Obra	Jornal	2	2	10	

Las aplicaciones se realizaron según los tratamientos establecidos en el diseño experimental, siendo aplicados en orden de menor a mayor costo: II, IV, I y III. Se encontró que el tratamiento III obtuvo el menor rendimiento en cuanto al nivel de proteína en el pasto. En cambio, el tratamiento I, aunque ligeramente más costoso, resultó en una mejor calidad nutricional para el ganado. Sin embargo, el tratamiento II, que presentó un costo superior al tratamiento I, logró un rendimiento mayor.

Por otro lado, el tratamiento IV, con un costo intermedio entre el I y el II, fue el que presentó el mayor rendimiento en cuanto al nivel de proteína en el pasto. Aunque su

costo fue de 6,4 USD superior al tratamiento I, esta diferencia no es significativa si se compara con el beneficio obtenido en términos de rendimiento. Además, mostró mejoras importantes en la calidad del suelo, como la capacidad de intercambio catiónico y la retención de humedad.

Con un nivel de confianza del 95 %, el análisis de Kruskal-Wallis reveló una variación estadísticamente significativa en el contenido de proteína en el pasto, siendo el tratamiento IV el que presentó la mayor concentración. Los parámetros de capacidad de intercambio catiónico y retención de humedad también fueron más elevados en el tratamiento IV, sugiriendo que estos factores pudiesen estar relacionados con el contenido proteico en el pasto asociado a dicho tratamiento.

Conclusiones

El tratamiento IV mostró el mayor contenido de proteína en el pasto. En cuanto a la relación costo/beneficio, el tratamiento IV resultó ser el más eficiente, proporcionando altos rendimientos proteicos a un costo razonable en comparación con el resto de los tratamientos.

El análisis estadístico comparativo indicó que, aunque los niveles de ciertos nutrientes como el nitrógeno amoniacal no mostraron diferencias estadísticamente significativas, otros factores, como el pH y la CIC, influyeron significativamente en el rendimiento proteico y en la capacidad del suelo para mantener los nutrientes disponibles para las plantas.

Desde el punto de vista económico y nutricional, el tratamiento I ofreció una opción accesible con buenos resultados en el rendimiento proteico del pasto, lo que lo hace una opción atractiva para mejorar la alimentación del ganado sin representar una inversión significativa. Sin embargo, el tratamiento IV, con el mejor rendimiento proteico y mejoras en la calidad del suelo, ofrece una opción rentable a largo plazo, siendo una inversión favorable tanto económica como agronómicamente.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por la Universidad de Carabobo, Venezuela, a través del Laboratorio de Investigaciones Bioquímicas, Suelos y Ambiente, LIBSA, el laboratorio de Petróleo, Hidrocarburos y Derivados, PHD y la escuela de bioanálisis.

Declaración de disponibilidad de datos

El autor de correspondencia puede suministrar los registros experimentales obtenidos a

toda persona interesada; escribir un correo electrónico con razones justificadas.

Conflicto de interés

Los autores declaran que los fertilizantes orgánicos utilizados en este estudio, Agrodol y Agrocél, fueron suministrados por la empresa PROMIVECA. No obstante, PROMIVECA no tuvo injerencia en el diseño experimental, la recolección, análisis e interpretación de los datos, ni en la redacción o decisión de publicar los resultados. Este estudio se llevó a cabo bajo estrictos estándares de independencia académica y científica.

Referencias

- [1] W. Apollon, Y. Jean-Baptiste, B. J. Wagner, A. Luna-Maldonado, and H. Silos-Espino, “Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica en la producción y calidad de *Brachiaria brizantha*,” *Rev. Mex. Ciencias Agrícolas*, vol. 13, no. 1, pp. 1–13, Feb. 2022, doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i1.2637>.
- [2] G. Lemaire, L. Tang, G. Bélanger, Y. Zhu, and M.-H. Jeuffroy, “Forward new paradigms for crop mineral nutrition and fertilization towards sustainable agriculture,” *Eur. J. Agron.*, vol. 125, p. 126248, Apr. 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126248>.
- [3] L. E. Vivas-Carmona, R. I. Navas-R, R. A. Escobar-García, and J. D. J. Ron, “Evaluación de cuatro genotipos de pasto elefante en Calabozo estado Guárico, Venezuela,” *J. Selva Andin. Biosph.*, vol. 7, no. 1, pp. 44–53, 2019, doi: <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2019.070100044>.
- [4] A.-K. Techen et al., “Soil research challenges in response to emerging agricultural soil management practices,” 2020, pp. 179–240. doi: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2020.01.002>.
- [5] P. Sharma, P. Sharma, and N. Thakur, “Sustainable farming practices and soil health: a pathway to achieving SDGs and future prospects,” *Discov. Sustain.*, vol. 5, no. 1, p. 250, Sep. 2024, doi: <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00447-4>.
- [6] A. Rehman, M. Farooq, D.-J. Lee, and K. H. M. Siddique, “Sustainable agricultural practices for food security and ecosystem services,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 29, no. 56, pp. 84076–84095, Dec. 2022, doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23635-z>.
- [7] N. M. Alzamel, E. M. M. Taha, A. A. A. Bakr, and N. Loutfy, “Effect of Organic and Inorganic Fertilizers on Soil Properties, Growth Yield, and Physiochemical Properties of Sunflower Seeds and Oils,” *Sustainability*, vol. 14, no. 19, p. 12928, Oct. 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/su141912928>.
- [8] J. Briceño, E. Tonato, M. Silva, M. Paredes, and A. Armado, “Impact of metal content in agricultural soils near the Tungurahua volcano on the cultivation of *Allium fistulosum* L,” *La Granja*, vol. 32, no. 2, pp. 114–126, Aug. 2020, doi: <https://doi.org/10.17163/lgr.n32.2020.09>.
- [9] M. F. Campos-Granados and J. C. Méndez, “Relación entre metodologías de

- determinación de conductividad eléctrica y concentración de cationes solubles en suelos de Costa Rica,” *Agron. Costarric.*, Jul. 2025, doi: <https://doi.org/10.15517/vf5xpa16>.
- [10] S. Barrezueta-Unda, ; Cervantes-Alava, ; Ullauri-Espinoza, ; Barrera-Leon, and & Condoy-Gorotiza, “Método LOI para determinar materia orgánica,” *Rev. FAVE-Ciencias Agrar.*, vol. 19, no. 2, pp. 25–36, 2020.
- [11] S. Mane, N. Das, G. Singh, M. Cosh, and Y. Dong, “Advancements in dielectric soil moisture sensor Calibration: A comprehensive review of methods and techniques,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 218, p. 108686, Mar. 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.108686>.
- [12] J. T. Nelson, T. A. Adjuik, E. B. Moore, A. D. VanLoocke, A. Ramirez Reyes, and M. D. McDaniel, “A Simple, Affordable, Do-It-Yourself Method for Measuring Soil Maximum Water Holding Capacity,” *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, vol. 55, no. 8, pp. 1190–1204, Apr. 2024, doi: <https://doi.org/10.1080/00103624.2023.2296988>.
- [13] A. V. Garmay, K. V. Oskolok, O. V. Monogarova, and M. I. Demidov, “Determination of ammonium and nitrate in soils by digital colorimetry,” *Environ. Monit. Assess.*, vol. 196, no. 10, p. 948, Oct. 2024, doi: <https://doi.org/10.1007/s10661-024-13068-1>.
- [14] Y. Gu et al., “Potential use of phosphorus saturation degree as combined indicator for crop yield and leaching risks at regional scale,” *Eur. J. Agron.*, vol. 161, p. 127347, Nov. 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127347>.
- [15] J. Yuan, S. E, and X. Zhao, “Improved determination efficiency of the cation exchange capacity and exchangeable base cations in soil using stirring and extraction modifications,” *Soil Tillage Res.*, vol. 248, p. 106429, May 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106429>.
- [16] Jaramillo D., *Introducción a la Ciencia del Suelo*. Medellín, Colombia.: Universidad Nacional de Colombia, 2002. [Online]. Available: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>
- [17] A. Ali and H.-P. Kaul, “Monitoring Yield and Quality of Forages and Grassland in the View of Precision Agriculture Applications—A Review,” *Remote Sens.*, vol. 17, no. 2, p. 279, Jan. 2025, doi: <https://doi.org/10.3390/rs17020279>.
- [18] G. Z. Rueda, C. Gutiérrez, G. Mistretta, F. Peralta, M. Golato, and M. Ruiz, “Determinación del contenido de humedad del bagazo de caña de azúcar por medio de microondas,” vol. 93, no. 2, pp. 7–12, 2016, [Online]. Available: <https://www.scielo.org.ar/pdf/riat/v93n2/v93n2a02.pdf>
- [19] T. Dent, A. LeMinh, and F. Maleky, “Comparison of Colorimetric Methods for Measuring the Solubility of Legume Proteins,” *Gels*, vol. 10, no. 9, p. 551, Aug. 2024, doi: <https://doi.org/10.3390/gels10090551>.
- [20] S. S. Shapiro and M. B. Wilk, “An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples),” *Biometrika*, vol. 52, no. 3/4, p. 591, Dec. 1965, doi: <https://doi.org/10.2307/2333709>.

- [21] S. F. de Holanda, L. K. Vargas, and C. E. Granada, “Challenges for sustainable production in sandy soils: A review,” *Environ. Dev. Sustain.*, Sep. 2023, doi: <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03895-6>.
- [22] P. A. Abrams, “Defining and describing competition,” in *Competition Theory in Ecology*, Oxford University Press Oxford, 2022, pp. 13–32. doi: <https://doi.org/10.1093/oso/9780192895523.003.0002>.
- [23] R. D. Bardgett and W. H. van der Putten, “Belowground biodiversity and ecosystem functioning,” *Nature*, vol. 515, no. 7528, pp. 505–511, Nov. 2014, doi: <https://doi.org/10.1038/nature13855>.
- [24] D. A. Wardle, “The influence of biotic interactions on soil biodiversity,” *Ecol. Lett.*, vol. 9, no. 7, pp. 870–886, Jul. 2006, doi: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00931.x>.
- [25] T. Bhadauria, P. Kumar, R. Maikhuri, and K. G. Saxena, “Effect of Application of Vermicompost and Conventional Compost Derived from Different Residues on Pea Crop Production and Soil Faunal Diversity in Agricultural System in Garhwal Himalayas India,” *Nat. Sci.*, vol. 06, no. 06, pp. 433–446, 2014, doi: <https://doi.org/10.4236/ns.2014.66042>.
- [26] M. D. Rebonatti, C. F. dos S. Cordeiro, M. R. Volf, P. C. Gomes da Silva, and C. S. Tiritan, “Effects of silage crops between crop seasons on soybean grain yield and soil fertility in tropical sandy soils,” *Eur. J. Agron.*, vol. 143, p. 126685, Feb. 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126685>.
- [27] A. Jarne, A. Usón, and R. Reiné, “Management Practices in Mountain Meadows: Consequences for Soil Nutrient Availability,” *Agronomy*, vol. 14, no. 10, p. 2419, Oct. 2024, doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy14102419>.
- [28] Q. Wang et al., “Soil pH and phosphorus availability regulate sulphur cycling in an 82-year-old fertilised grassland,” *Soil Biol. Biochem.*, vol. 194, p. 109436, Jul. 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2024.109436>.
- [29] A. Biro, M. Y. Wong, Y. Zhou, S. A. Batterman, and A. C. Staver, “Nitrogen and phosphorus availability alters tree-grass competition intensity in savannas,” *J. Ecol.*, vol. 112, no. 5, pp. 1026–1038, May 2024, doi: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.14284>.

Daniel Loreto Amoretti, Universidad de Carabobo. Valencia. Venezuela.

Daniel Loreto es egresado de Química por la Universidad de Carabobo, Venezuela, se ha destacado por su interés en estudios orientados a mejorar la calidad agrícola y ambiental. Desarrolló su trabajo de titulación en el Laboratorio de Investigaciones Bioquímicas, Suelos y Ambiente, LIBSA, adscrito al Centro de Investigación y Extensión en Ambiente, Biología y Química, AMBIOQUIM. Su proyecto se centró en el análisis de parámetros fisicoquímicos de suelos tratados con fertilizantes orgánicos y químicos, con el objetivo de optimizar prácticas agrícolas sostenibles. Su formación académica y experiencia en investigación le ha permitido consolidarse como una joven promesa en el campo de la química ambiental.

Daniel Loreto is a Chemistry graduate from the University of Carabobo, Venezuela, distinguished for his interest in studies aimed at improving agricultural and environmental quality. He carried out his degree

project at the Laboratory of Biochemical, Soil, and Environmental Research, LIBSA, affiliated with the Research and Extension Center for Environment, Biology, and Chemistry, AMBIOQUIM. His project focused on the analysis of physicochemical soil parameters treated with organic and chemical fertilizers, with the goal of optimizing sustainable agricultural practices. His academic training and research experience have established him as a promising young talent in the field of environmental chemistry.

Arnaldo José Armado Matute, Universidad de Carabobo. Valencia. Venezuela.

Arnaldo José Armado Matute es profesor e investigador de la Universidad de Carabobo, Venezuela. Se ha desempeñado como Director de Ambioquim, Coordinador del Laboratorio de Investigaciones Bioquímicas, Suelo y Ambiente (LIBSA), y Director Ejecutivo del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH-UC). Su línea de investigación se centra en la ecotoxicología, con énfasis en la evaluación del impacto de metales pesados sobre la calidad de suelos y aguas, así como en la diversidad bacteriana edáfica. Además, desarrolla estudios en la formulación de fertilizantes orgánicos, sustratos biofertilizantes y extractos naturales con propiedades insecticidas y repelentes. Ha colaborado en investigaciones relacionadas con la contaminación por metales y su influencia sobre parámetros bioquímicos y biológicos del suelo, aportando soluciones sostenibles para el manejo ambiental y la agricultura.

Arnaldo José Armado Matute is a professor and researcher at the University of Carabobo, Venezuela. He has served as Director of Ambioquim, Coordinator of the Biochemical, Soil and Environmental Research Laboratory (LIBSA), and Executive Director of the Council for Scientific and Humanistic Development (CDCHUC). His research focuses on ecotoxicology, with an emphasis on assessing the impact of heavy metals on soil and water quality, as well as on soil bacterial diversity. Additionally, he conducts studies on the formulation of organic fertilizers, biofertilizer substrates, and natural extracts with insecticidal and repellent properties. He has collaborated in research projects addressing metal contamination and its influence on soil biochemical and biological parameters, contributing sustainable solutions for environmental management and agriculture.

Darwin Alberto Núñez Torres, Universidad Estatal de Bolívar, Campus Académico “Alpachaca” Av. Ernesto Che Guevara s/n y Av. Gabriel Secaira, Guaranda, Ecuador.

Darwin Alberto Núñez Torres es profesor en la Universidad Estatal de Bolívar, Ecuador, especializado en biología molecular, biotecnología y análisis de alimentos. Ha participado en investigaciones sobre la detección de patógenos en agua potable mediante PCR y la extracción de aceites esenciales de cáscara de naranja. Además, ha explorado el desarrollo de barras de chocolate y la deshidratación de variedades de ají para obtener polvo.

Darwin Alberto Núñez Torres is a professor at Universidad Estatal de Bolívar, Ecuador, specializing in molecular biology, biotechnology, and food analysis. He has been involved in research on pathogen detection in drinking water using PCR and the extraction of essential oils from orange peels. Additionally, he has explored the development of chocolate bars and the dehydration of chili varieties to obtain powder.

Henry Baloy Porras, Universidad Politécnica Territorial del Estado Mérida Kleber Ramírez, UPTMKR. Mérida, Venezuela

Henry Baloy Porras es un científico y académico venezolano especializado en ciencia del suelo y

agroecología. Se graduó en la Universidad de Los Andes, ULA, de Venezuela con un título en educación. Además de su labor como profesor en el Ministerio del Poder Popular para la Educación, ha compartido sus conocimientos sobre nutrición animal y alimentación en eventos académicos como las V Jornadas de rumiantes. Ha trabajado también con organizaciones como el Politécnico Santiago Mariño en Mérida, Venezuela, contribuyendo al avance de esfuerzos científicos y académicos. Su participación en discusiones científicas, como la organizada por Fundacite Yaracuy, donde habló sobre el uso de la investigación-acción en el ámbito agroecológico, resalta su compromiso con la investigación y la enseñanza agroecológica. Actualmente, sigue realizando investigaciones, con un enfoque en la salud del suelo y en métodos de agricultura sostenible.

Henry Baloy Porras is a Venezuelan scientist and academic specializing in soil science and agroecology. He graduated from the University of Los Andes (ULA) in Venezuela with a degree in education. In addition to his work as a professor at the Ministry of Popular Power for Education, he has shared his knowledge of animal nutrition and feeding at academic events such as the 5th Ruminant Conference. He has also worked with organizations such as the Santiago Mariño Polytechnic Institute in Mérida, Venezuela, contributing to the advancement of scientific and academic efforts. His participation in scientific discussions, such as the one organized by Fundacite Yaracuy, where he spoke about the use of action research in the agroecological field, highlights his commitment to agroecological research and education. He is currently continuing his research, focusing on soil health and sustainable farming methods.