

**EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL ESTADO DE FERTILIDAD DEL
SUELO Y LA CALIDAD NUTRICIONAL DE TRES PLANTAS FORRAJERAS EN
EL PENIPLANO DE POPAYÁN.**

**GREYSI CAROLINA BURBANO LATORRE
ELIZABETH LOURDES CUATINDIOY PAZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
POPAYÁN
2009**

**EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL ESTADO DE FERTILIDAD DEL
SUELO Y LA CALIDAD NUTRICIONAL DE TRES PLANTAS FORRAJERAS EN
EL PENIPLANO DE POPAYÁN.**

**GREYSI CAROLINA BURBANO LATORRE
ELIZABETH LOURDES CUATINDIOY PAZ**

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial
para optar por el título de Químico**

Directora: M.Sc. ISABEL BRAVO REALPE

PROFESORA TITULAR DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
POPAYÁN
2009**

Nota de Aceptación

Director

Isabel Bravo Realpe
M.Sc.

Jurado

Jurado

Fecha de sustentación: Abril 1 de 2009

*Detrás de cada línea de llegada,
hay una de partida,
Detrás de cada logro,
hay otro desafío.*

*A Dios
Por darnos la oportunidad de vivir y permitirnos alcanzar esta meta,
por ser fortaleza y luz en cada paso de nuestras vidas.*

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres.

Martha y Guido, Stella y Darío, por su apoyo incondicional y su paciencia, por su comprensión, sus consejos, y la motivación constante, pero más que nada, por su amor.

A nuestros familiares por su cariño incondicional.

A mi hermana Viviana porque siempre he contado con ella, a mi tía Marleny, a mis sobrinos Víctor y Laura porque me llenaron de alegría y motivación para llegar hasta aquí.

A Giovanni por ser mi compañía y la alegría de mi corazón.

A mi hija Stefany Valentina que ha transformado mi vida, me da la fortaleza, el amor y la alegría para seguir adelante y ser mejor cada día, ella es la razón de mi vida.

A Eldry porque siempre a confiado en mí regalándome su amor y apoyo.

A mi hermano Harold por el cariño y amistad brindados.

A mi sobrino Stiven porque me llena alegría y motivación.

A mis primos Lucía, Jairo, David, Yeny, Rubén, Daniel, Juan David, Juan Felipe, Yeri, Mercy, Claudia, Camilo, Fredy, Luisa, Sara, Martha, quienes hacen agradables los días.

A mis tíos, por preocuparse de mí y ayudarme cuando más lo he necesitado.

Estamos profundamente agradecidas con nuestra Directora.

Isabel Bravo, por su apoyo, su tiempo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales, por permitirnos hacer parte del grupo y ayudarnos en nuestra formación.

A nuestros amigos y a nuestros compañeros del grupo de Agroquímica.

Lila, Yohanna, Farid, Alejo, Giovanni, Marcela, Sara, Alejandra, Harold, William, Juan Pablo, por todos los momentos que compartimos, gracias por su amistad, por el equipo que formamos y por estar siempre dispuestos a colaborar.

A todas las personas que creyeron en nosotras...

CONTENIDO

	Pág.
Resumen	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo General	3
2.2 Objetivos Específicos	3
3. FUNDAMENTO TEÓRICO	4
3.1 LAS PLANTAS FORRAJERAS	4
3.1.1 Definición.	4
3.1.2 Clasificación.	4
3.1.2.1 Gramíneas forrajeras.	4
3.1.2.2 Leguminosas forrajeras.	4
3.1.2.3 Raíces forrajeras.	5
3.1.2.4 Arbustos forrajeros.	5
3.1.3 Botón de Oro (<i>Tithonia diversifolia</i>).	6
3.1.3.1 Clasificación Botánica.	6
3.1.3.2 Origen y distribución.	6
3.1.3.3 Adaptación.	6
3.1.3.4 Usos.	7
3.1.3.5 Composición química y valor nutritivo.	7
3.1.4 Nacadero (<i>Trichantera gigantea</i>).	7
3.1.4.1 Clasificación Botánica.	7
3.1.4.2 Origen y distribución.	8
3.1.4.3 Adaptación.	8
3.1.4.4 Usos.	8
3.1.4.5 Composición química y valor nutritivo.	9
3.1.5 Ramio (<i>Boehmeria nivea</i>)	9
3.1.5.1 Clasificación Botánica.	9
3.1.5.2 Origen y distribución.	10
3.1.5.3 Adaptación.	10
3.1.5.4 Usos.	10
3.1.5.5 Composición química y valor nutritivo.	10
3.2 CALIDAD DEL FORRAJE	11
3.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA	11

• Contenido celular	11
• Pared celular	11
3.3.1 Proteína en forrajes.	12
3.3.2 Fibra en forrajes.	13
3.3.3 Minerales en los forrajes.	14
3.4 LA DIGESTIÓN EN LOS RUMIANTES	15
3.4.1 Proteína en los rumiantes.	16
3.4.2 Fibra en los rumiantes.	19
3.4.3 Minerales en rumiantes.	20
3.5 TANINOS	20
3.5.1 Taninos hidrolizables.	21
3.5.2 Taninos condensados.	21
3.5.3 Interacción tanino – proteína.	22
3.5.4 Efecto de los taninos en la nutrición de los rumiantes.	24
3.6 RELACIÓN PLANTA-SUELO	25
3.6.1 Requerimientos de los forrajes en suelos.	28
3.7 EL PROCESO DE ENSILADO	30
4. METODOLÓGIA	32
4.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA	32
4.2 TOMA DE MUESTRAS	32
4.2.1 Muestras de suelo.	32
4.2.1.1 Preparación de las muestras.	34
4.2.2 Muestras de material vegetal.	34
4.2.2.1 Preparación de las muestras.	34
4.2.3 Muestra ensilada.	35
4.2.3.1 Preparación de la muestra ensilada.	35
4.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUIMICA	36
4.3.1 Análisis físicos.	36
4.3.1.1 Humedad.	36
• Humedad de campo.	36
• Humedad higroscópica.	36

4.3.1.2	Textura.	36
4.3.2	Análisis químicos.	37
4.3.2.1	pH.	37
4.3.2.2	Acidez intercambiable.	37
4.3.2.3	Materia orgánica.	37
4.3.2.4	Determinación de la capacidad de intercambio catiónico (CIC).	38
4.3.2.5	Determinación de bases de cambio.	38
4.3.2.6	Determinación de nitrógeno por el método de Kjeldahl.	38
	• Oxidación.	39
	• Descomposición del sulfato ácido de amonio.	39
	• Titulación del borato de amonio.	39
4.3.2.7	Determinación de fósforo disponible.	39
4.3.2.8	Determinación de elementos menores.	40
4.4	CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL VEGETAL	40
4.4.1	Análisis físicos.	40
4.4.1.1	Humedad.	40
4.4.1.2	Cenizas.	41
4.4.2	Análisis químicos.	41
4.4.2.1	Extracto etéreo.	41
4.4.2.2	Proteína cruda.	41
4.4.2.3	Fibra en detergente neutro (FDN).	41
4.4.2.4	Fibra en detergente ácido (FDA).	42
4.4.2.5	Lignina en detergente ácido (LDA).	42
4.4.2.6	Determinación de minerales.	42
4.4.2.7	Determinación de fósforo.	43
4.4.2.8	Determinación de aluminio.	43
4.4.2.9	Determinación de taninos.	43
4.4.3	Extracción de proteínas.	44
4.5	CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL ENSILADO	47
4.6	DISEÑO EXPERIMENTAL	47
5.	RESULTADOS	48
5.1	ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE SUELOS	48
5.1.1	Suelo cultivado con Botón de oro.	48
5.1.2	Suelo cultivado con Nacadero.	50
5.1.3	Suelo cultivado con Ramio.	52
5.2	ANÁLISIS DEL MATERIAL VEGETAL	53

5.2.1	Análisis bromatológico.	53
5.2.2	Análisis de macro nutrientes.	55
5.2.3	Análisis de micro nutrientes.	56
5.2.4	Análisis de taninos.	57
5.2.5	Extracción de proteínas.	59
5.2.6	Relación con el suelo.	61
5.2.7	Análisis del material ensilado.	65
6.	CONCLUSIONES	67
	BIBLIOGRAFÍA	69
	ANEXOS	74

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Contenido nutricional de Botón de oro	7
Tabla 2. Contenido nutricional de Nacedero	9
Tabla 3. Contenido nutricional de Ramio	10
Tabla 4. Contenido proteico de algunas especies forrajeras	12
Tabla 5. Elementos esenciales y benéficos para forrajes y animales	14
Tabla 6. Contenido de nutrientes adecuados para algunas forrajeras	15
Tabla 7. Recomendaciones de concentración mínima y máxima de FDN y FDA para las dietas de bovinos en lactancia	19
Tabla 8. Curvas de calibración bases cambiables	28
Tabla 9. Curvas de calibración elementos menores	38
Tabla 10. Curvas de calibración macro y micro nutrientes	40
Tabla 11. Análisis físico y químico del suelo cultivado con Botón de oro	42
Tabla 12. Análisis físico y químico del suelo cultivado con Nacedero	48
Tabla 13. Análisis físico y químico del suelo cultivado con Ramio	50
Tabla 14. Resultado análisis bromatológico	52
Tabla 15. Contenido de macro nutrientes	54
Tabla 16. Contenido de micro nutrientes	55
Tabla 17. Contenido de taninos	56
Tabla 18. Contenido nutritivo del material ensilado	58

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Imagen Botón de oro	6
Figura 2. Imagen Nacedero	8
Figura 3. Imagen Ramio	9
Figura 4. Estructura polisacáridos de la pared celular	13
Figura 5. Sistema digestivo del rumiante	16
Figura 6. Flujo de proteína en los rumiantes	18
Figura 7. Estructura del ácido gálico	21
Figura 8 Estructura de los taninos condensados	21
Figura 9 Representación de las interacciones hidrofóbicas y puentes de hidrógeno	23
Figura 10. Enlace covalente entre tanino y grupo amino de la proteína	23
Figura 11. Complejo tanino – proteína en función del pH	25
Figura 12 Ubicación geográfica de la Vereda Punta Larga	32
Figura 13. Distribución de los cultivos forrajeros en la finca Manila	33
Figura 14 Procesamiento de muestras vegetales	34
Figura 15. Ensilado	35
Figura 16. Diagrama de extracción de proteína de Botón de oro	45
Figura 17. Diagrama de purificación y cuantificación de la proteína extraída	46
Figura 18. Comparación de macro nutrientes en las plantas	56
Figura 19. Comparación de micro nutrientes en las plantas	57
Figura 20. Comparación del contenido de taninos	58
Figura 21. Barrido de absorción correspondiente a la muestra sin purificar	59
Figura 22. Comportamiento de absorbancia en las fracciones purificadas	60
Figura 23. Variación de pH y conductividad en el proceso de diálisis	61
Figura 24. Contenido de N, P, K en suelos y plantas	62
Figura 25 Efecto del pH en el contenido de macronutrientes de los suelos	63
Figura 26 Efecto del pH en el contenido de micronutrientes de los suelos	63

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A Prueba de Normalidad de Shapiro Wilk (Plantas)	75
ANEXO B Prueba de Normalidad de Shapiro Wilk (Suelos)	77
ANEXO C Análisis de varianza ANOVA para variables con distribución normal. (Plantas)	79
ANEXO D Prueba de homogeneidad de varianzas (Plantas)	80
ANEXO E Prueba T3 de Dunnett para comparaciones múltiples (Plantas)	84
ANEXO F Prueba H de Kruskal Wallis para Variables que no se ajustan a la normalidad (Plantas)	89
ANEXO G Prueba U de Mann Whitney para comparación de medias en variables no homogéneas (Plantas)	89
ANEXO H Prueba H de Kruskal Wallis para variables que no se ajustan a la normalidad (Suelos)	91
ANEXO I Prueba de homogeneidad de varianzas (Suelos)	91
ANEXO J Prueba U de Mann Whitney para relación de medias entre plantas y suelos	95

LISTA DE ACRÓNIMOS

AGV: Ácidos grasos volátiles
HBO: Botón de Oro
BSA: Sero albúmina bobina
DTPA: Acido Dietilen Triamino Penta Acético
EE: Extracto etéreo
ELN: Extracto Libre de Nitrógeno
FDA: Fibra en detergente ácido
FDN: Fibra en detergente neutro
FeS: Sulfuro de Hierro
LDA: Lignina en detergente ácido
MO: Materia Orgánica
MS: Materia seca
NA: Nacedero
NNP: Nitrógeno no proteico
NRC: National Research Council.
PB: Proteína Bruta
PI: Punto isoeléctrico
RA: Ramio
TBO: Tallo de Botón de Oro

RESUMEN

Este trabajo se orientó hacia la generación de información sobre parámetros nutritivos de las especies forrajeras: Nacedero (*Trichanthera gigantea*), Botón de Oro, (*Tithonia diversifolia*), Ramio (*Boehmeria nivea*) y una asociación de estas, sometidas a un proceso de ensilaje, utilizadas en la alimentación animal como fuente nutricional. Además se evalúa el estado de fertilidad del suelo de cada cultivo, para conocer la disponibilidad de los nutrientes y el potencial utilizable de cada planta, y sus verdaderos aportes a la producción animal haciendo que el uso de estas especies sea más productivo y más eficiente.

La investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Agroquímica de la Universidad del Cauca, se tomaron muestras de suelo y forrajes provenientes de la finca Manila, ubicada en la vereda Punta Larga, municipio de Popayán.

Con el propósito de evaluar la calidad nutricional se valoraron: los niveles de Proteína, Fibra en detergente ácido y Neutro, lignina, minerales, extracto etéreo, el contenido de taninos (niveles tóxicos o adecuados), Extracción de proteínas de la especie con mayor contenido de proteína, de acuerdo a metodología reportada por Mcallister 2005. El estado de fertilidad del suelo se evaluó con base en análisis físicos y químicos de acuerdo a metodología estandarizada en el laboratorio de Agroquímica (Bravo 2003).

Los suelos donde se cultivan estas plantas se caracterizan por ser fuertemente ácidos, con deficiencias marcadas de P, Cu y Mn, pero con niveles muy altos de M.O, proveniente de la continua aplicación de abonos orgánicos, altos niveles de N y K . No presentan toxicidad por Aluminio, pero tienen elevados contenidos de Fe.

Los contenidos de proteína cruda en todas las plantas fueron altos y la hoja de botón de oro presenta un nivel significativamente superior al resto (19.79%), Ramio y el tallo de Botón de Oro sobresalen debido a su fracción fibrosa. Los niveles de Calcio, Magnesio y Potasio representan diferencias significativas entre los forrajes (ANEXO E) y las máximas concentraciones de Ca y Mg (2237.63 y 428.25 mg/100g) se observan en Nacedero, de P y K (186.01y 2849.52 mg/100g) en Botón de Oro. La cantidad de Taninos en los forrajes es baja (0.06% - 0.58%) y no representa problemas de digestibilidad de las proteína. Estas especies presentan aceptable composición proximal y bajas concentraciones de posibles factores antinutricionales (Taninos) y constituyen una buena alternativa como alimento suplementario en los sistemas de producción ganaderos.

Se encuentra que el proceso de ensilado es apropiado y genera un alimento con mejores propiedades que sus plantas precursoras puesto que supera algunas deficiencias encontradas en ellas.

Se logra clasificar taxonómicamente las plantas estudiadas y quedan depositadas en el Herbario de la Universidad del Cauca

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el campo agropecuario Colombiano y específicamente en el departamento del Cauca, la ganadería lechera, carne o doble fin, constituye un sector importante en la economía. Las principales limitaciones para optimizar su producción son: la baja disponibilidad forrajera en cuanto a cantidad y calidad, el uso frecuente de concentrados en proporciones que no ameritan su uso en términos rentables, ya que están constantemente sometidos a incrementos por depender de materias primas importadas. A esto se suma, la fuerte acidez presente en los suelos del Cauca con niveles altos de Al que pueden pasar probablemente a las hojas de las plantas afectando así la calidad nutricional de las mismas. Además, generalmente hay deficiencias de P y otros nutrientes que promueven una reducida fertilidad generando baja productividad y calidad en todos los cultivos.

Por otra parte, los taninos presentes en todas las plantas, pueden llegar a generar efectos adversos sobre la calidad alimenticia como forrajes (dependiendo de su concentración) porque disminuye la palatabilidad y absorción de proteínas y minerales, reduciendo su disponibilidad para la alimentación de los rumiantes.

Por lo tanto es de gran importancia evaluar la calidad nutricional de tres especies forrajeras de amplio uso y su mezcla ensilada, determinar la presencia de taninos y evaluar el estado de fertilidad del suelo donde están cultivadas, con el propósito de contribuir con el sector agropecuario a elucidar mecanismos que le permitan utilizar sus recursos en forma sostenible y que brinden alternativas prácticas y económicas en la alimentación de bovinos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad nutricional y el contenido de taninos de tres especies forrajeras: *Trichanthera gigantea*, *Tithonia diversifolia*, *Boehmeria nivea* destinadas a consumo bovino en el departamento del Cauca y estimar el estado de fertilidad del suelo destinado a dichos cultivos

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Hacer un diagnóstico de la fertilidad del suelo.
- Contribuir al estudio de plantas forrajeras de suelos tropicales.
- Evaluar la calidad nutricional y el contenido de taninos en las tres especies forrajeras y en una mezcla ensilada
- Extraer y cuantificar la proteína de las hojas de Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*). (No estipulado en el anteproyecto).

3. FUNDAMENTO TEÓRICO

3.1 LAS PLANTAS FORRAJERAS

3.1.1 Definición.

Se conoce como forraje al material vegetativo dedicado a la alimentación de los animales herbívoros, por tanto es esencial en la alimentación del ganado vacuno y fundamental desde el punto de vista productivo, de ahí el interés de generar nuevas alternativas de plantas forrajeras con alto valor nutritivo para el sustento de estos animales y producción de altos rendimientos en ganado lechero, de carne y doble propósito.

3.1.2 Clasificación.

Estas plantas se han agrupado de la siguiente manera:

3.1.2.1 Gramíneas forrajeras.

Son fundamentales para la alimentación de bovinos en las zonas tropicales. Se identifican por un alto contenido de carbohidratos estructurales, bajos contenidos de carbohidratos solubles, proteína total inferior al 7%, se lignifican rápidamente y presentan una digestibilidad menor del 55% (Sandoval Centeno 2007).

3.1.2.2 Leguminosas forrajeras.

Son excelentes fuentes de proteína y minerales para rumiantes. Se destacan por su simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*, fijando el nitrógeno al suelo.

Por su contenido de proteína (15-30%) y buena digestibilidad, son la fuente alimenticia con mayor potencial para la producción animal, pero presentan ciertas limitantes en su uso como: la presencia de factores antinutricionales o metabolitos tóxicos, un lento establecimiento en algunas especies y en muchos casos su utilización como único alimento o como un alto porcentaje de la dieta no es lo indicado (Sandoval Centeno 2007).

3.1.2.3 Raíces forrajeras.

Como la remolacha, los nabos y la zanahoria, ofrecen notable producción de biomasa en climas templados y fríos y en épocas críticas de carencia de forrajes

como en el invierno. Sin embargo, son manejadas solo a nivel experimental y en mínimo grado a nivel de productores en comparación a los forrajes verdes, el valor nutritivo de las raíces es inferior, motivo por el cual son consideradas como complemento en la dieta de los rumiantes; está comprobado que las raíces estimulan la secreción láctea.

3.1.2.4 Árboles y Arbustos forrajeros.

Son una gran alternativa para mejorar los sistemas de producción de bovinos, porque producen mayor biomasa que las herbáceas, son fuente económica de proteína, palatables, rebrotan y ofrecen forraje de buena calidad en localidades con sequías prolongadas y como usos alternos, son empleados como: fuente de leña, barreras vivas o para controlar la erosión en zonas de ladera. (Pizarro 2005)

Se conocen cerca de 18.000 especies de árboles leguminosos en el mundo, la mayoría ubicados en la zona tropical y subtropical (Tamayo Vélez 1996). De este modo, Colombia, es un país privilegiado por su gran variedad de vegetales, especialmente las leguminosas, entre ellas los árboles y arbustos.

A continuación se describen algunas propiedades de las especies de interés para esta investigación.

3.1.3 Botón de Oro. *Tithonia diversifolia*.

3.1.3.1 Clasificación botánica.

Reino..... Vegetal
División..... Spermatophyta
Clase..... Dicotiledoneae
Orden..... Campanuladas
Familia..... Compositae
Género..... *Tithonia*
Especie..... *Tithonia diversifolia*

Figura 1. Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*)



Foto: Burbano,C. Cuatindíoy, E.

3.1.3.2 Origen y distribución.

Tithonia diversifolia, fue introducida probablemente del occidente de África como una planta ornamental. Actualmente se encuentra ampliamente distribuida en la zona tropical; se tienen registros del sur de México, Honduras, El Salvador, Guatemala, Costa Rica, Panamá, Cuba y Colombia (Murgueitio y Gómez 2002).

3.1.3.3 Adaptación.

En Colombia, esta planta crece en diferentes condiciones agroecológicas, desde el nivel del mar, hasta 2500 m.s.n.m. y precipitaciones de 800 hasta 5000mm por año y en distintos tipos de suelos, neutros a ácidos, fértiles hasta muy pobres en nutrientes (Murgueitio y Gómez 2002).

3.1.3.4 Usos.

Actualmente, el consumo de esta planta va dirigido a: Ovinos de pelo, Conejos, Cuyes, Pollos, Cerdos, Ganado, Cabras. Además es utilizada por apicultores de la zona cafetera como fuente de néctar y polen; es atrayente de insectos benéficos que controlan las plagas; sus hojas en maceración alcohólica son utilizadas en Cuba como remedio para la malaria y en el tratamiento de inflamaciones de la piel de animales domésticos.

3.1.3.5 Composición química y valor nutritivo.

En trabajos realizados por otros autores se ha encontrado concentraciones de nutrientes relativamente altas por su habilidad de extraer grandes cantidades de materiales del suelo. Sin embargo es importante aclarar que el estado nutritivo de esta y todas las plantas varía con las características del suelo, su ubicación, clima y edad o estado de madurez. A continuación se presentan algunas propiedades nutritivas y su variación con los días de edad o de rebrote reportadas por Murgueitio y Gómez (2002).

Tabla 1. Contenido nutricional de Botón de Oro

Parámetro (% MS)	Días de Edad	
	30	89
Humedad	85.9	76.75
Proteína	28.51	14.84
Fibra cruda	1.63	3.83
Calcio	2.25	1.65
Fósforo	0.39	0.32

3.1.4. Nacedero (*Trichanthera gigantea*).

3.1.4.1 Clasificación botánica.

Reino.....Vegetal
División.....Spermatophyta
Clase.....Dicotiledoneae
Orden.....Tubiflorales
Familia.....Acanthoideae
Género.....*Trichanthera*
Especie..... *Trichanthera gigantea*

Figura 2. Cultivo de Nacedero (*Trichanthera gigantea*).



Foto: Burbano, C. Cuatindioy, E.

3.1.4.2 Origen y distribución.

Es una especie nativa de los trópicos. En América hay tres o cuatro especies de árboles en los géneros *Trichanthera*, *Bravaisia* y *Suessenguthia*. Se ha registrado en Venezuela, Panamá, Costa Rica, Bolivia, Guatemala Brasil y Colombia (Murgueitio y Gómez 2002).

3.1.4.3 Adaptación.

Crece en suelos profundos, aireados y de buen drenaje, tolera valores de pH ácidos (5.0) y bajos niveles de fósforo y otros elementos tradicionalmente asociados a los suelos tropicales de baja fertilidad; tiene una adaptación altitudinal de 0 a 2000 m.s.n.m. y soporta precipitaciones de 600 a 8000 mm por año (Acero 1985, citado por Murgueitio y Gómez 2002).

3.1.4.4 Usos.

El uso más generalizado es como cerca viva y como planta destinada a proteger y mantener nacimientos de agua. En la actualidad esta especie se está incorporando con énfasis en programas de reforestación y protección de cuencas. Se reporta como alimento de especies en cautiverio, especialmente para cerdos, pollos, curíes y vacas.

3.1.4.5 Composición química y valor nutritivo.

Son reportadas diferentes composiciones nutricionales dependiendo del autor. En la siguiente tabla se indica el contenido nutricional en los rangos encontrados.

Tabla 2. Contenido nutricional de Nacedero.

Parámetro	(% MS)
Proteína Cruda	12 -22
Materia Seca	93.82
Digestibilidad	50 - 70
Cenizas	16 - 20
Calcio	0.62 - 3,8
FDN	62.50
Fósforo	0.17
Flavonoides	Moderado
Saponinas	No reporta

Brown, *et al.*2005; Delgado D. *et al.* 2007, Escobar, L. 1990.

3.1.5. Ramio (*Boehmeria nivea*).

3.1.5.1 Clasificación botánica.

Reino.....Vegetal
Clase.....Dicotiledoneae
Familia.....Urticáceas
Género.....*Boehmeria*
Especie.....*nivea*

Figura 3. Ramio (*Boehmeria nivea*).



Foto: Burbano,C. Cuatindioy,E.

3.1.5.2 Origen y distribución.

El ramio es una planta originaria de la China, en Colombia se comenzó a utilizar en la alimentación animal a partir de los años 70 (Iraida 1997).

3.1.5.3 Adaptación.

Se produce en climas tropicales y subtropicales, con suelos permeables. Requiere de lluvias constantes y uniformes a lo largo del ciclo vegetativo para su crecimiento. La precipitación favorable es de 2500 a 3000 mm anuales (Lasser 1956).

3.1.5.4 Usos.

El ramio se ha cultivado principalmente para fines textiles empleándose para ello el tallo, pero el follaje puede utilizarse como fuente de forraje verde para la alimentación de rumiantes (Lasser 1956), caprinos, cerdos, aves, particularmente en gallinas ponedoras se han logrado resultados positivos en la coloración de la yema. Considerando que normalmente se desecha durante la extracción de tallos en las plantas industriales.

3.1.5.5 Composición química y valor nutritivo.

Tabla 3. Contenido nutricional de Ramio

Parámetro	% (MS)
Materia seca	87.7
Proteína cruda	20.4
Fibra cruda	19.2
Extracto etéreo	1.2
Fibra detergente Neutro	43.2
Fibra detergente ácido	39.3
Calcio	2.5
Fósforo	0.6

Iraida (1997)

3.2 CALIDAD DEL FORRAJE

Se entiende por calidad del forraje, su valor nutritivo expresado en respuesta animal por unidad de alimento consumido o su concentración de nutrientes. El valor nutricional puede expresarse en términos de su composición química, de su digestibilidad y de la naturaleza de los productos de la digestión (Sandoval Centeno, 2007).

3.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA

La composición química indica la concentración de los principales nutrientes de un alimento, no obstante, no indica la eficiencia de utilización de estos nutrientes por parte del animal (Sandoval Centeno, 2007).

Es muy variable y está influenciada por factores como fertilidad del suelo, parte de la planta, la edad, la forma de cosechar, el clima y las propiedades del suelo. Por ejemplo una alta humedad e intensidad del calor induce a la rápida maduración fisiológica de la planta, ocasionando aumentos en el contenido de pared celular y una disminución en los carbohidratos solubles.

Para determinar la composición química de los forrajes existen diversos métodos, entre los cuales están: el análisis proximal de Weende y el esquema de análisis de Van Soest.

El análisis proximal de Weende fracciona el alimento en cinco partes: proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extracto etéreo (EE), extracto libre de nitrógeno (ELN) y cenizas, presenta el inconveniente de no representar la concentración real de fibra presente en los forrajes.

El fraccionamiento químico de Van Soest consiste en dividir la materia seca de las plantas en dos componentes:

- **Contenido celular:** azúcares, almidones, proteínas, nitrógeno no proteico, ácidos orgánicos lípidos, fructosanas, pectinas minerales y vitaminas. Representan los compuestos que se degradan rápida y completamente durante la digestión de los rumiantes y predominan en las hojas jóvenes y sus folíolos
- **Pared celular:** celulosa, hemicelulosa, lignina y parte del material mineral unido a ella. Son degradados con lentitud.

El método de Van Soest suministra la mejor estimación de la concentración total de la fibra del alimento y está estrecha e inversamente relacionado con la capacidad de consumo de alimento (Sandoval Centeno, 2007).

3.3.1 Proteína en forrajes.

Las proteínas son el componente fundamental de la fracción orgánica de los forrajes, y sus principales compuestos nitrogenados, la concentración proteica de los tejidos vegetales disminuye a medida que aumenta la cantidad de biomasa de forraje acumulada en la planta, es decir, el contenido se reduce cuando las plantas maduran.

Esta tendencia decreciente obedece a que la mayor parte de la proteína vegetal se encuentra en las hojas mejor iluminadas de la planta, cuando la planta crece y se acumula forraje por encima de determinado nivel, las hojas ubicadas en las zonas inferiores con mas sombra, tienden a disminuir el proceso fotosintético y a redistribuir el Nitrógeno que conforma las proteínas desde las hojas sombreadas hacia las más iluminadas. Esta redistribución interna del N ha sido interpretada como una adaptación de las plantas para mejorar la función fotosintética del N (Agnusdei, 2007).

La concentración de proteína de los pastos maduros oscila entre 3 y 17% valores bajos en comparación con otras especies forrajeras arbóreas o arbustivas que presentan niveles de 11 a 30% (Flores 1998), ideales para el suplemento de la dieta de los rumiantes, en la cual, la proteína tiende a ser la parte más costosa del alimento. En la tabla 4 se puede observar el contenido proteico de diferentes especies forrajeras.

Tabla 4. Contenido proteico de algunas especies forrajeras.

Planta	Proteína Cruda (%)
Matarratón (<i>Gliricidia sepium</i>)*	23.36
Leucaena (<i>Leucaena leucocephala</i>)*	21.0
Guandul (<i>Cajanus cajan</i>)*	24.1
Orejero (<i>Enterolobium cyclocarpum</i>)*	23.5
Clavelón (<i>Hibiscus rosasinensis</i>)**	26.6
(<i>Calliandra calothyrsus</i>)**	30.3
Morera (<i>Morus alba</i>)**	24.4
Pasto guinea (<i>Panicum máximum</i>)***	16.9
Festuca (<i>Festuca sp.</i>)***	11.9

* Tamayo Vélez (1996)

** Flores (1998)

*** Chevallier (2006)

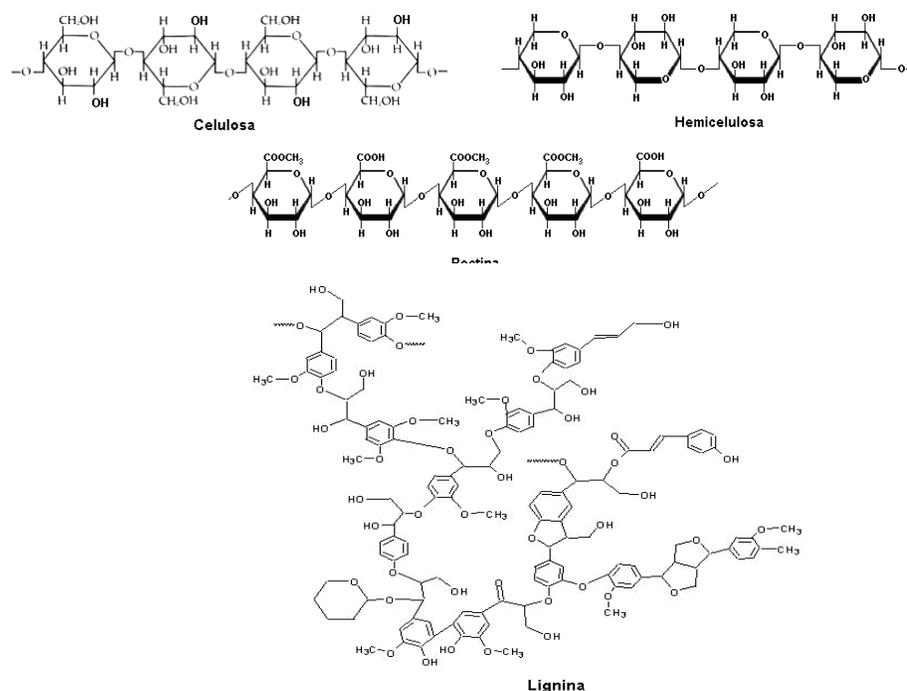
3.3.2 Fibra en forrajes

Los carbohidratos son los componentes mayoritarios en las plantas, se encuentran clasificados en carbohidratos no fibrosos o no estructurales y carbohidratos fibrosos; los primeros son fuente de energía y en los forrajes se encuentran en forma de azúcares y almidones, su importancia radica en que proporcionan la energía necesaria en el rumen para transformar el amonio en proteína microbiana.

Los carbohidratos fibrosos constituyen la pared celular de los vegetales y están conformados por:

- **Celulosa:** Compuesta por monómeros de glucosa unidas por enlace β . En el proceso digestivo de los rumiantes, se digiere mejor que la hemicelulosa.
- **Hemicelulosa:** Polisacárido formado por variedad de pentosas y hexosas, gramíneas los xylanos conforman la mayoría de la hemicelulosa.
- **Pectinas:** Ester metilado del ácido poligalactourónico; consiste en cadenas de monómeros de ácido galactourónico, unidos mediante enlaces α y por ello, las pectinas son degradada más rápido que la celulosa y hemicelulosa.
- **Lignina:** Polímero de alcoholes de hidroxicinamil, es totalmente indigerible para los rumiantes la concentración de la lignina depende de la especie de forraje, siendo mayor en las leguminosas que en las gramíneas. (Bach 2006)

Figura 4. Estructura polisacáridos de la pared celular.



La calidad y cantidad de la fibra son factores que influyen directamente en la digestibilidad de los forrajes, es decir, a mayor contenido de fibra y menor calidad de la misma, menor digestibilidad del forraje. La calidad de la fibra está determinada por el nivel de Fibra en detergente ácido (FDA) y Lignina en detergente ácido (LDA). Además, diferentes estudios indican que al aumentar la madurez de las plantas, la celulosa y carbohidratos complejos se van acumulando mediante el proceso de lignificación, aumentando el contenido de la pared celular e incrementando el contenido de FDN lo cual conduce a un descenso en la digestibilidad de la materia seca y de la proteína.(Chamorro 1996 y Hoffman 2003)

3.3.3 Minerales en los forrajes

Al igual que en las plantas superiores, los forrajes requieren de compuestos minerales para su completo desarrollo, unos en mayor proporción que otros, razón por la cual estos elementos son denominados esenciales, no solo para las plantas sino también para los animales que se alimentan de ellos. En la tabla 5 se observa una comparación entre los elementos esenciales requeridos por las plantas forrajeras y por los animales. (Giraldo, 2002)

Tabla 5. Elementos esenciales y Benéficos para forrajes y animales

Elementos	Planta	Animal
Macronutrientes	N, P, K Ca, Mg, S, B, Cl,	N, P, K Ca, Mg, S, Na, Cl,
Micronutrientes	Fe, Mn, Mo, Zn, Ni, Si, Cu	Fe, Mn, Mo, Zn, Ni, Si, I, Se, F, Cu
Benéficos	Na, Si, Co, I, V	Na, Si, Co, I, V

Fuente: Giraldo (2002)

Estos elementos esenciales están divididos en dos grupos según las cantidades necesarias y su contenido en el tejido vegetal, los macro y micro nutrientes; en el primer grupo se encuentran los elementos básicos: N, P, K también conocidos como macro nutrientes primarios y los macro nutrientes secundarios que comprenden Ca, Mg, S; en el segundo grupo están los micro nutrientes u oligoelementos, representan una pequeña parte de la materia seca de las plantas, pero son tan importantes como los macro elementos para el desarrollo y crecimiento de las plantas (Giraldo, 2002).

Cada uno de estos nutrientes es indispensable y cumple con diversas funciones específicas, ya que pueden formar parte de los compuestos orgánicos o también de los compuestos enzimáticos de manera que se van acumulando estratégicamente en los diferentes órganos de las plantas. Por ejemplo cationes como K, Ca, Mg, son necesarios en forma iónica para regular numerosos procesos

fisicoquímicos como osmosis, difusión, permeabilidad absorción y transpiración; el Ca activa y promueve la absorción de otros minerales por medio de las bombas de transporte activo de Ca^{+2} en las membranas; el Fe interviene en las reacciones de oxido-reducción implicadas en la respiración; el Cu es constituyente de varias enzimas por tanto es clave para el correcto funcionamiento de procesos enzimáticos. (Moyeja 2008)

Las especies forrajeras difieren en cuanto a la capacidad de absorción de cada nutriente (Tabla 6), así la cantidad de nutrientes extraídos varían en función de la edad y el estado de madurez de la planta, generalmente en las etapas iniciales del crecimiento, hay un alto contenido de minerales, a medida que la planta envejece el P, Zn, Fe, Co, Mo, disminuyen y aumenta el contenido de Ca que se acumula en las hojas. (Schunke 2001 y Garmendia 2007)

Tabla 6. Contenido de Minerales adecuados para algunas forrajeras

Forrajera	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Zn	Mn	Fe
	g/100g						mg/kg			
<i>Brachiaria brizantha</i>	0.08-0.3	1.2-3	0.3-0.6	0.15-0.4	0.8-2.5	10-25	50-250	40-250	20-50	4-12
<i>Andropogon</i>	0.11-0.3	1.2-2.5	0.2-0.6	0.15-0.4	0.8-2.5	10-20	50-250	40-250	20-50	4-12
<i>Brachiaria decumbes</i>	0.08-0.3	1.2-2.5	0.2-0.6	0.15-0.4	0.8-2.5	10-25	50-250	40-250	20-50	10-25
<i>Soja perene</i>	0.15-0.3	1.2-3	0.5-2	0.2-0.5	1.5-3	30-50	40-250	40-150	20-50	5-12
<i>Guandul</i>	0.15-0.3	1.2-3	0.5-2	0.2-0.5	1.5-3	20-50	40-250	40-200	25-50	6-12

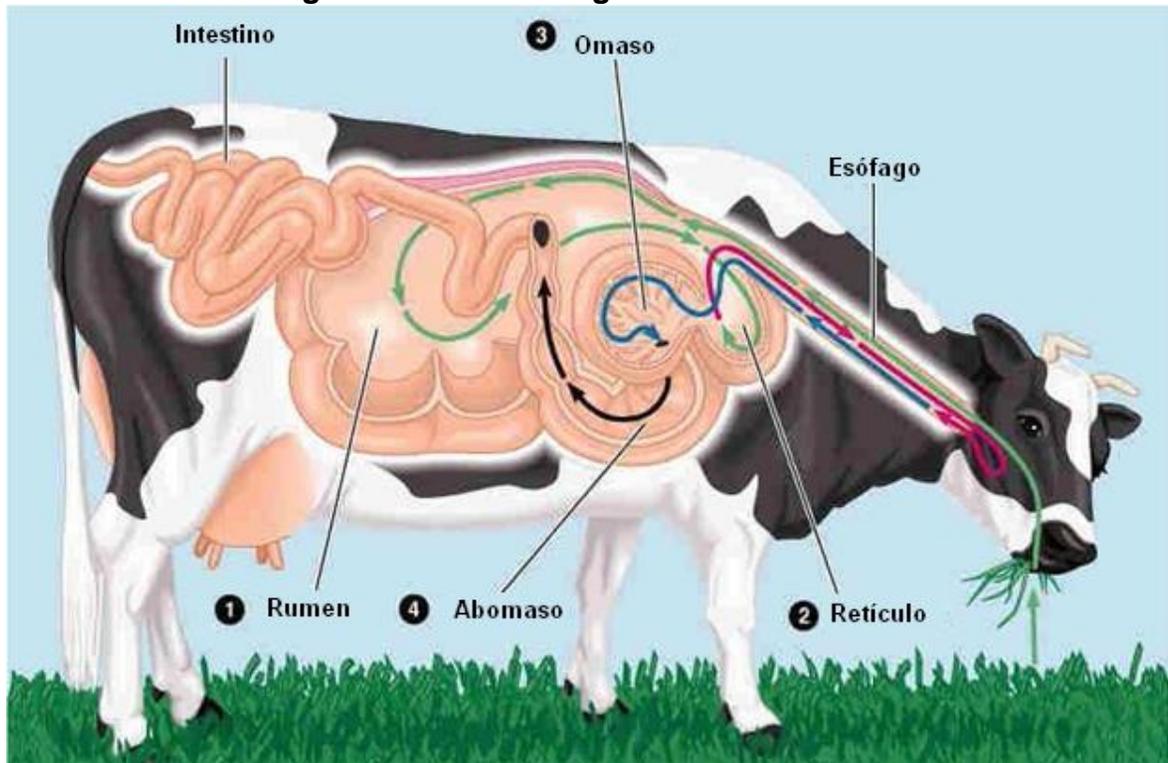
3.4 La digestión en los rumiantes

Los rumiantes son mamíferos herbívoros con un proceso digestivo particular, tienen un estómago especializado compuesto por cuatro compartimentos o proventrículos, llamados: retículo, rumen, omaso y abomaso (Figura 5). Los dos primeros forman una sola cavidad separada por un pliegue, así que el contenido alimenticio fluye libremente de uno al otro, es aquí donde se desarrolla la máxima actividad microbiana; el rumen es el compartimento de mayor tamaño, alcanza hasta el 80% del volumen estomacal, el retículo ocupa un 5%, el omaso 7% y el abomaso un 8% de la capacidad gástrica. (Nava 2001)

El omaso o tercer estómago, actúa como un filtro selectivo de las partículas sólidas; retiene el alimento en sus paredes, para después ser impulsadas hacia el abomaso, también absorbe los residuos de ácidos grasos volátiles (AGV) que hayan pasado a su interior.

El abomaso es el equivalente al estómago de los monogástricos, secreta ácidos fuertes y contiene enzimas digestivas que se encargan de continuar la degradación de los alimentos provenientes del rumen. (Nava 2001)

Figura. 5. Sistema digestivo del rumiante



Fuente: <http://ocw.um.es>

3.4.1 Proteína en los rumiantes

Las proteínas son esenciales para las células, puesto que hacen parte de compuestos estructurales como en el pelo, piel y músculos, también son reguladoras enzimáticas en todas las funciones internas.

En los sistemas de producción ganadera en pastoreo (ya sea de leche o carne), la mayoría de la proteína ingerida por el animal proviene del forraje y es degradada en su mayoría (70 - 80%) en el rumen (primer estómago del animal) (Carulla 2001).

El metabolismo proteico comienza en el rumen, donde los microorganismos degradan los alimentos, destruyendo inicialmente la pared de las células e iniciando el proceso hidrolítico continuo de las proteínas. Aunque estos microorganismos, necesitan proteínas para su propio crecimiento y se ha estimado que requieren de niveles mayores de 7% para suplir sus necesidades proteicas (Chamorro 1996), tienen la habilidad de producir sus propios aminoácidos y

usarlos para la formación de proteínas bacterianas partiendo de fuentes de nitrógeno no proteicas (NNP) que provienen del alimento y en el rumen se transforman en amoníaco NH_3 que puede ser aprovechable por los microorganismos como punto inicial de aminoácidos o absorbido en la sangre, conducido al hígado y transformado en urea, compuesto que se recicla hacia la saliva o hacia las paredes del rumen o se elimina a través de la orina, proceso en el cual se pierden grandes cantidades de nitrógeno (20 – 60%) como urea, si el proceso de reciclaje no es adecuado (Carulla, 2001).

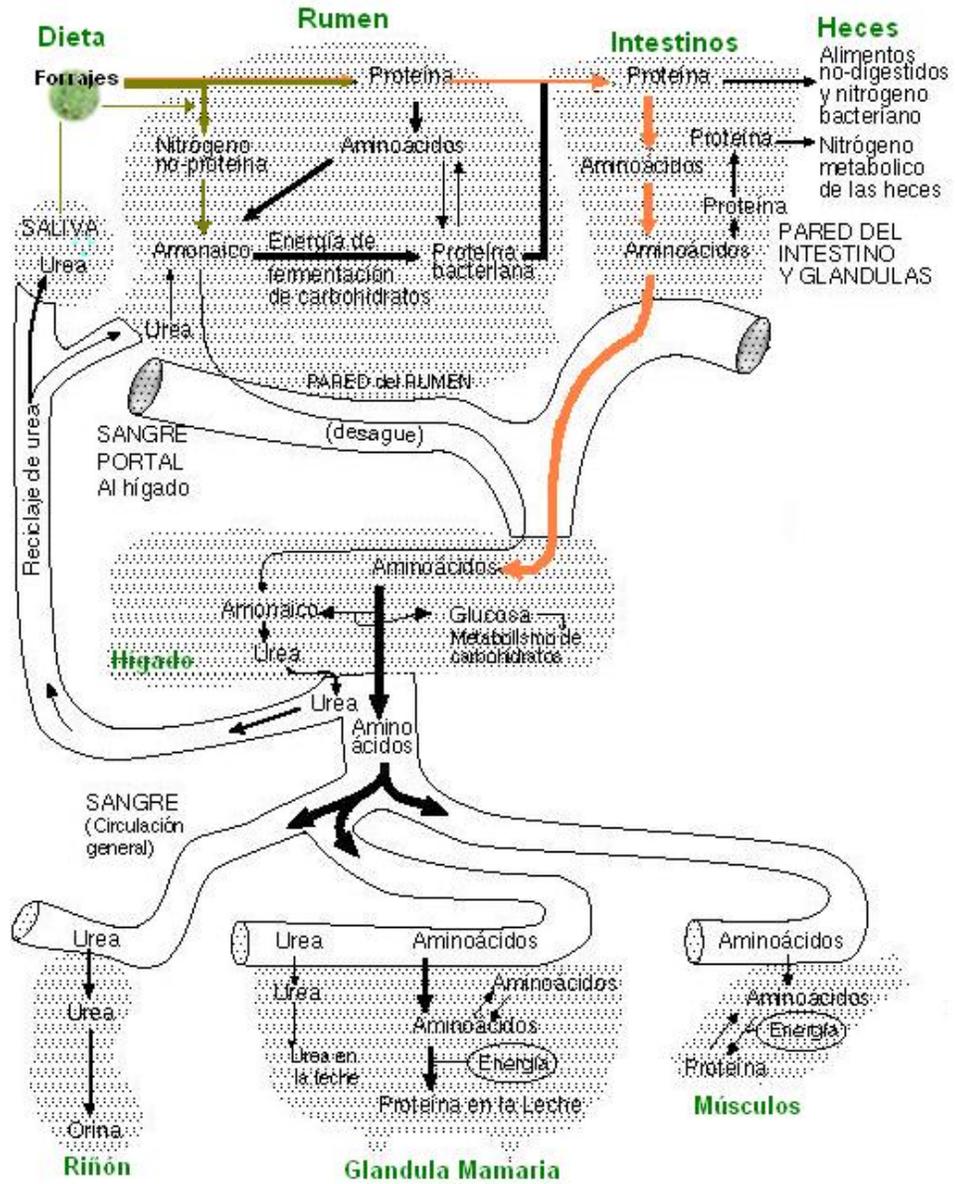
En el rumen, la destrucción proteica por desaminación fermentativa da lugar a ácidos grasos volátiles ramificados (AGV), CO_2 y CH_4 . De esta manera, el contenido de AGV en el líquido ruminal es una medida que indica la degradación de aminoácidos en el rumen porque estos se derivan de la fermentación de valina, leucina, isoleucina y prolina, y los ácidos producidos son: butírico, isovalérico, 2-metilbutirato y valerato (Chamorro 2002).

Una porción de la proteína bacteriana puede ser destruida en el rumen, la mayoría es conducida al abomaso (cuarto estómago del animal), donde gracias a la acción de los ácidos fuertes secretados, se inhibe la actividad microbiana y las enzimas digestivas comienzan a hidrolizar las proteínas para formar aminoácidos, que llegan al intestino delgado (Chamorro 2002).

Por otro lado, la proteína de la dieta que no es degradada por los microorganismos ruminales llega intacta hasta el intestino delgado, donde es aprovechada por el animal, esta proteína se conoce como proteína de paso o 'pasante', la cantidad de este tipo de proteína depende de su resistencia a la degradación en el rumen y esto varía dependiendo del tipo de forraje y su contenido proteico. De los aminoácidos absorbidos en el intestino delgado, el 40% proviene de las proteínas no degradadas en el rumen, el resto de la proteína bacteriana degradada en el abomaso.

Cerca del 80% de los aminoácidos en el intestino delgado son absorbidos totalmente y se usan para formar nuevas proteínas como las de la leche o de los músculos. La otra parte es perdida en las heces, debido a esto, se aprovechan como fertilizante, porque son ricas en materia orgánica y especialmente en nitrógeno comparando con las heces de animales monogástricos. El proceso metabólico de las proteínas se observa con claridad en la figura 6.

Figura 6. Flujo de proteína en los rumiantes



Fuente: <http://www.infocarne.com>

3.4.2 Fibra en los rumiantes.

En el proceso digestivo de los mamíferos, la fibra representa compuestos no degradables, en tanto que para la digestión de los rumiantes y gracias a la presencia de bacterias fibrolíticas, algunos componentes de la fibra se pueden digerir, siendo la lignina la única fracción fibrosa totalmente indigerible en los rumiantes.

La degradación de la fibra se inicia en el rumen, las bacterias fibrolíticas se unen a la pared vegetal y la fibra comienza a fermentarse, la velocidad de este proceso es inversamente proporcional al grado de lignificación del forraje. Como producto final de esta reacción fermentativa se produce acetato que cumple un papel muy importante en la síntesis de grasa en las glándulas mamarias. Además, en este proceso también hay pérdida de carbono en forma de CH₄ (Calsamiglia 1997)

Dependiendo de la composición y la degradabilidad de la fibra, ayuda en el mantenimiento del funcionamiento ruminal estimulando la rumia, la salivación y las contracciones ruminales, también contribuye a mantener adecuadas las condiciones ruminales regulando el pH a través de la secreción salivar y la rumia. (Calsamiglia 1997)

El inconveniente de la fibra es que su exceso limita la ingesta del forraje, y su digestibilidad, reduce el aporte de energía y la síntesis de proteína ruminal; la carencia de fibra en la dieta disminuye la grasa en la leche, produce acidosis, desequilibrios físicos y fermentativos.

Entonces los rumiantes deben consumir una cantidad mínima de fibra que asegure un correcto funcionamiento de la digestión ruminal, en la tabla 7 se indica los requerimientos mínimos de FDN en forrajes para la dieta de vacas lecheras reportados por el NRC (2001) (citado por Palladino 2006).

Tabla 7. Recomendaciones de concentración mínima y máxima de FDN Y FDA para dietas de bovinos en lactancia

FDN (%) Mínimo del forraje	FDN (%) Mínimo de la dieta total	FDA (%) Mínimo de la dieta total
19	25	17
18	27	18
17	29	19
16	31	20
15	33	21

Fuente: Palladino *et al* (2006)

3.4.3 Minerales en rumiantes.

Tal como ocurre con las plantas, también en los rumiantes, se observa relaciones antagónicas y sinérgicas entre los elementos minerales cuando uno de ellos está implicado en el metabolismo del otro.

Un ejemplo de esta situación es la interacción entre el Hierro y el Cobre, en la cual el contenido de Hierro es determinante en la disponibilidad de cobre ya que inhibe al absorción de Cobre formando un complejo con azufre (FeS) en el rumen, de manera que al entrar en el abomaso, el Azufre es liberado y forma complejos con el Cobre, de esta forma, el Cobre no es absorbido a nivel intestinal (Godoy 2006).

Igualmente, la presencia de parásitos intestinales y de otros elementos como Calcio, Zinc o Cadmio, interfieren con el metabolismo del cobre. Altos niveles de Calcio elevan el pH del intestino precipitando el cobre, por otro lado, el Zinc compite por los sitios de unión enzimáticos hasta el punto de llegar a ser antagónicos.

El efecto de estos minerales, antagonistas con el Cobre, genera deficiencia de Cobre en el organismo de los rumiantes, esto conduce a enfermedades como anemia (deficiencia de Cu, Fe, Co) y problemas reproductivos (por deficiencia de Cu, I, Mn, P, Se y Zn) (Godoy 2006).

3.5 TANINOS

Los taninos son metabolitos secundarios fenólicos de alto peso molecular (500 – más de 3000 D), distribuidos ampliamente en el reino vegetal. En un muestreo que realizó Bathe – Smith y Metcalf (1957; citado por Fajardo 1998) se encontró que un 80% de las dicotiledóneas arbóreas y un 15% de las dicotiledóneas herbáceas contiene taninos.

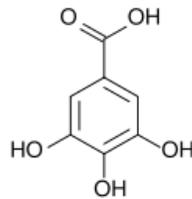
Los taninos se distinguen por los siguientes aspectos: astringencia, solubilidad en agua derivada de la interacción polifenol – polifenol, estructura química con 12 – 16 grupos fenólicos, y su capacidad para formar complejos con otras macromoléculas como carbohidratos, alcaloides, proteínas, saponinas y metales, de las cuales dependen sus aplicaciones en alimentos y bebidas, fitoterapias, industria de pieles, defensa química y pigmentación en plantas (Moreno 2001).

Según su estructura química se dividen en dos grandes grupos: Taninos hidrolizables y condensados.

3.5.1 Taninos hidrolizables.

Son polímeros que contienen polioles, usualmente D-glucosa o ácido quínico, con sus grupos hidroxilos esterificados por ácido gálico (galotaninos), o ácido hexahidroxidifénico (elagitaninos). Se hidrolizan fácilmente en condiciones ácidas o básicas, así como por acción de enzimas esterasas (Carulla y Pabón, 2001)

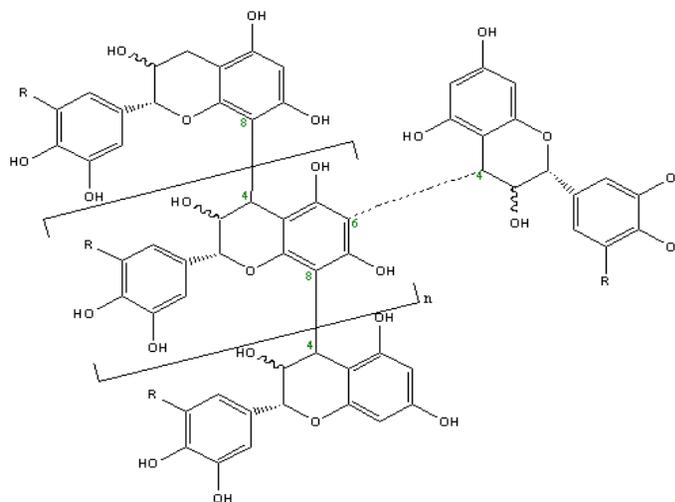
Figura 7. Estructura del Ácido Gálico



3.5. 2.Taninos Condensados.

Más abundantes que los anteriores, son polímeros de unidades flavonoides acopladas por enlaces C – C que no son susceptibles de hidrólisis (Figura 8) Los polímeros del flavan-3,4-diol se conocen como leucoantocianidinas, y los polímeros del flavan-3-ol se conocen como proantocianidinas.

Figura 8. Estructura de los taninos condensados.



3.5.3 Interacción Tanino – Proteína

Una de las propiedades características de los taninos es su habilidad para precipitar proteínas en solución acuosa. La mayoría de la actividad biológica de los taninos está relacionada con la unión a las proteínas; se ha aceptado que existen interacciones reversibles entre los taninos y las proteínas, que conduce a un equilibrio con el complejo.

Los complejos formados pueden alcanzar una estructura de gran tamaño insoluble que puede precipitar. La formación de estos es normalmente reversible, pero si ocurren procesos como oxidación, formación de complejos con iones metálicos o cambios en el pH hacen que el proceso de precipitación sea irreversible. (Bennick 2002)

La habilidad de los taninos para precipitar diferentes proteínas varía considerablemente, dependiendo de la afinidad relativa de los 1000 tipos de taninos condensados con las proteínas.

La mayor afinidad ha sido encontrada para proteínas, polipéptidos, y polímeros con altos contenidos de prolina, que no poseen estructuras secundarias o terciarias; aún cuando algunas pueden tener una hélice de poliprolina, y con alto peso molecular. En las plantas es muy común que los taninos tengan gran afinidad con la mayoría de las proteínas encontradas en las plantas ya que estas poseen un gran contenido de prolina. Por lo tanto las diferentes interacciones tanino-proteína dependen de la variación de la estructura molecular de los taninos como del tipo de proteína. (Bennick 2002)

La interacción tanino-proteína está basada en la formación de enlaces no covalentes, de hidrógeno e hidrofóbicos. Los puentes de hidrógeno se forman principalmente entre el O-H fenólico y el C=O protéico (Figura 9).

Estos enlaces se fortalecen por la sustitución alquímica en el N amida adyacente al C=O que son grandes aceptores de hidrógeno. Los enlaces de tipo hidrofóbico se forman primordialmente entre la porción aromática de los dos compuestos y en especial entre el anillo bencénico del tanino y el anillo pirrólico de la prolina (Figura 9).

Los complejos formados pueden disociarse por detergentes, que rompen las interacciones hidrofóbicas, o por pH menores de 3 o mayores de 8. El pH alto origina la ionización del OH fenólico y destruye su habilidad de formar puentes de hidrogeno, además, se produce la oxidación de los taninos; los productos de oxidación pueden formar enlaces covalentes con nucleófilos como los grupos amino o sulfhidrilo de las proteínas (Figura 10) (Moreno 2001).

Figura 9. Representación de las interacciones hidrofóbicas y puentes de hidrógeno

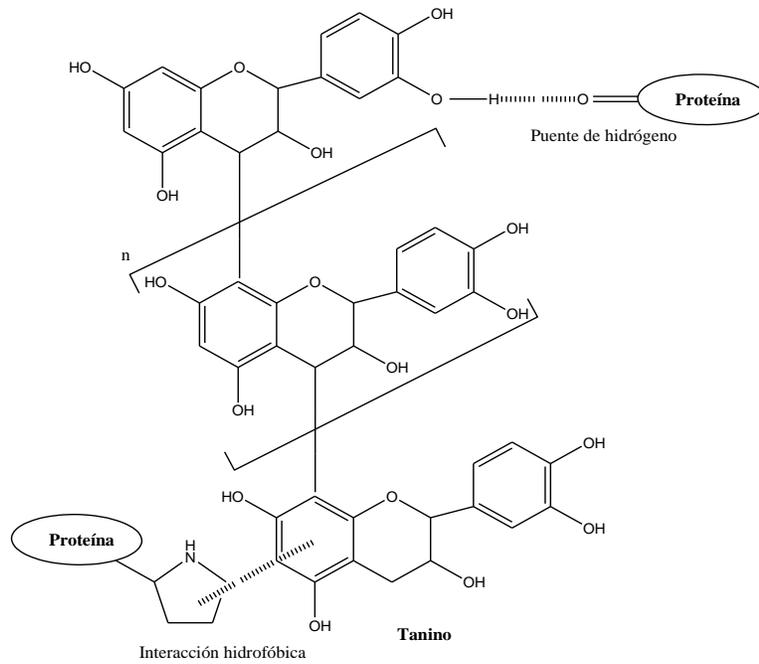
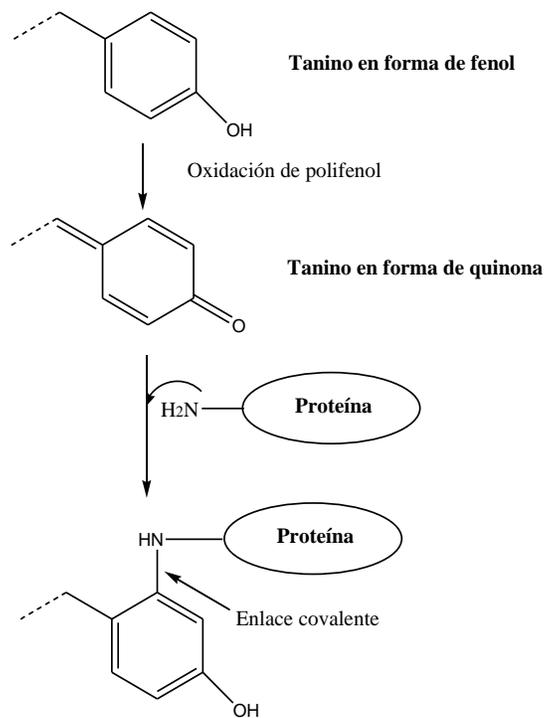


Figura 10. Enlace covalente entre tanino y grupo amino de la proteína



Experimentos *in Vitro* indican que la formación del complejo tanino-proteína depende del pH, fuerza iónica, temperatura, concentración de cationes específicos y de las concentraciones iniciales tanto del tanino como de la proteína. En general, la interacción tanino-proteína es mayor cuando el pH esta cerca al punto isoeléctrico (P.I.) de la proteína. Proteínas con punto isoeléctrico ácido, como BSA, rubisco o proteína de soya, tienen mayor afinidad a pH ácido mientras que aquellas con punto isoeléctrico básico como la lisosima tienen afinidades mayores a pH altos (Carulla 2001).

3.5.4. Efectos de los taninos en la nutrición de los rumiantes.

En la nutrición animal los compuestos fenólicos, como los taninos presentes en forrajes, se les atribuyen, propiedades astringentes lo cual minimiza la palatabilidad, además interfieren con el crecimiento y metabolismo normal del animal. Sin embargo, los taninos a su vez tienen efectos positivos beneficiando la nutrición de los rumiantes (Carulla y Pabón 2001 y Bennick 2002), como son:

- La protección de las proteínas de la degradación ruminal.
- La prevención del timpanismo.
- Propiedades antioxidantes.
- La estimulación del flujo salival en los animales.
- Efecto contra los parásitos gastrointestinales.

Está establecido que los taninos en bajas concentraciones en la dieta de los rumiantes, aumentan la eficiencia de la digestión del nitrógeno. Así que niveles bajos de taninos (3 – 6 % MS) no podrían causar problemas y quizás ser ventajoso para el metabolismo en los rumiantes. En estudios reportados se indica **que la concentración ideal de taninos condensados en el forraje de las leguminosas debe oscilar entre 2 y 4 % en base seca**, con lo que se protege a las proteínas del ataque microbiano en el rumen y contribuir así con una mayor absorción de proteínas dietéticas que llegan al intestino delgado, donde son mejor aprovechadas y utilizadas por el animal para fines de mantenimiento y producción. (McAllister *et al* 2005)

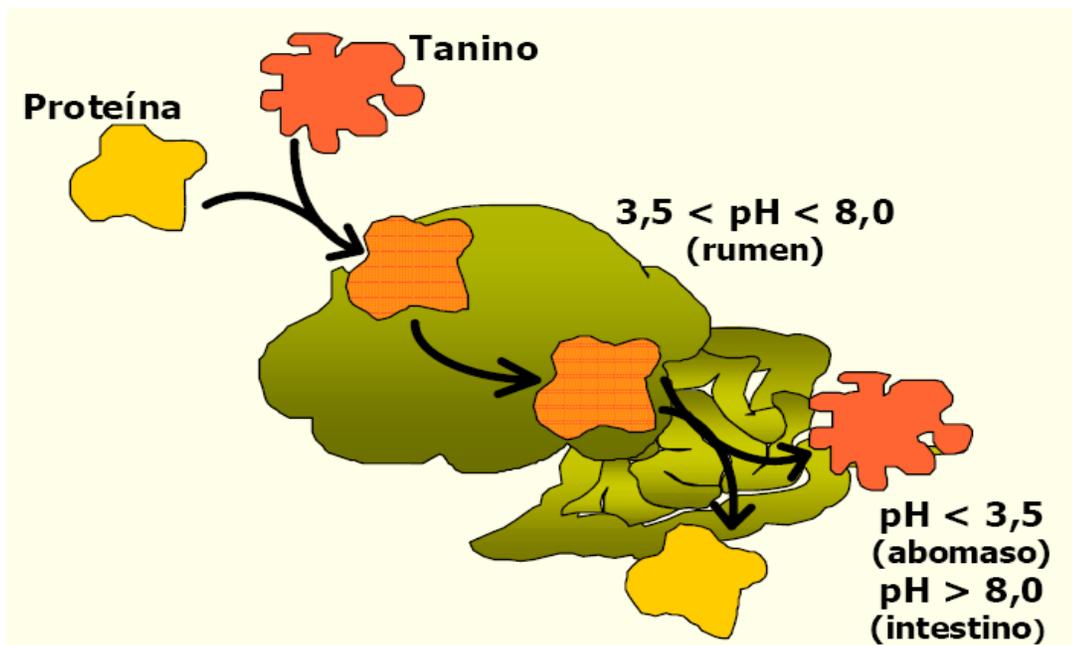
Las interacciones tanino-proteína, como ya se ha mencionado suceden de modo general en los tratamientos químicos, dependientes del pH. Tanto los taninos hidrolizables como los condensados forman complejos tanino-proteína que

resultan estables en rangos de pH comprendidos entre aproximadamente 3.5 y 8 (Figura 11).

Estos complejos, estables a pH ruminal (6.5), se disocian posteriormente debido al pH del abomaso (2.5 - 3) y del duodeno (aproximadamente 8). El nivel de afinidad entre los taninos y las proteínas es variable y depende fundamentalmente de su peso molecular y del grado de polimerización (Hervás 2001).

Los principales mecanismos que explican la reducción en la degradación ruminal debida al efecto de los taninos son la interferencia de estos compuestos con los microorganismos del rumen (ya que la adhesión microbiana a los alimentos es esencial para el desarrollo de la compleja población microbiana que se requiere para la fermentación ruminal) y la inhibición que puede causar en la actividad enzimática y en el crecimiento de muchas cepas de bacterias ruminales (Hervás 2001).

Figura 11. Complejo tanino-proteína en función del pH (Hervás 2001).



3.6 RELACIÓN PLANTA – SUELO

La captación de elementos por parte de las plantas para su normal desarrollo depende del crecimiento del sistema radicular, de la estructura y aireación del suelo, del contenido de sustancias nutritivas e interacciones específicas entre

ellas, de la actividad de microflora y los microorganismos, así como de secreciones radiculares de las plantas.

La raíz es el órgano que además de cumplir la función de sostener la planta y fijarla al suelo, lleva a cabo la absorción y asimilación inicial de los nutrientes del suelo y participa en el metabolismo y transporte de sustancias hacia y desde otras partes de la planta.

El sistema radicular lleva a cabo funciones básicas como: síntesis de aminoácidos y proteínas mediante los precursores absorbidos, la mayor parte de ellos para ser utilizados directamente. La zona periférica en la raíz es la que participa más activamente en procesos de absorción ya que los pelos radiculares incrementan notablemente el área superficial sobre todo para la captación de ciertos elementos como el fósforo dada su baja movilidad (Giraldo 2002).

Las raíces crecen rápidamente durante el ciclo vegetativo de la planta absorbiendo agua y nutrientes, por lo que la solución del suelo debe moverse constantemente hacia la raíz. Se han propuesto varios mecanismos para describir la forma como las raíces captan los nutrientes del suelo: flujo de masa, difusión, intercepción radicular o una combinación de estos mecanismos; mediante el flujo de masa se transportan en forma pasiva a la raíz, iones y otras sustancias disueltas en la solución del suelo, este mecanismo depende de varios factores (Giraldo 2002) y los más determinantes son:

- La concentración de nutrientes en la solución del suelo.
- La velocidad de transporte de agua hacia las raíces y de allí al interior de la planta.

El mecanismo de difusión consiste en el movimiento de sustancias de una región de alta concentración, a otra de baja concentración y el proceso de intercepción radicular se da a medida que la raíz crece, se prolonga, interacciona y penetra en las partículas de suelo y en la solución que la rodea, esto depende de la planta y de las condiciones del suelo que esta alrededor de las raíces que van penetrando, se van formando nuevos pelos radiculares lo que incrementa el área superficial que puede ponerse en contacto con el suelo.

Una vez llegan a la superficie de la raíz los distintos nutrientes por uno o por varios de los mecanismos mencionados, deben ser incorporados al interior de las células donde son almacenados, metabolizados o transformados a otras partes de la planta. Esta absorción ocurre mediante transporte pasivo y activo de los iones, gradientes electroquímicos y movimientos de iones a través de la membrana de

cualquier célula en la zona de absorción de la raíz por la cual penetran sustancias hidrosolubles y liposolubles (Giraldo 2002).

Los elementos de nutrición solubles y las formas de adsorción por intercambio son bien asimilados por las raíces de las plantas a diferencia de los nutrientes presentes en otras formas que no son asimilados directamente pero pueden llegar a serlo a través de diferentes mecanismos físicos, químicos y biológicos.

Para una nutrición adecuada, completa y equilibrada de la planta, los nutrientes de la solución del suelo deben estar abasteciéndose constantemente a medida que son captados por la planta. La deficiencia en uno o varios nutrientes, así como su exceso provocan desordenes notables en el crecimiento vegetal que puede llegar hasta la muerte. La concentración óptima de la solución nutritiva del suelo, es decir aquella que asegura las mejores condiciones de productividad, varía mucho durante los periodos vegetativos para cada especie de planta.

Durante los procesos metabólicos, con el agua y las sustancias asimiladas del suelo, la planta elabora otras sustancias fundamentales consideradas como formativas, tales como proteínas y ácidos nucleicos. Así mismo produce moléculas que ejercen funciones reguladoras como vitaminas y fitohormonas necesarias para controlar el metabolismo y su funcionamiento. Otras moléculas formadas en la planta como azúcares, polisacáridos y lípidos, cumplen funciones estructurales o energéticas pero sin carácter formativo.

Los contenidos nutricionales de la planta, depende de la naturaleza de cada planta y de las características ambientales en que fue cultivada, difiere ampliamente de un órgano a otro. Entre los elementos químicos requeridos por las plantas se destacan los elementos esenciales y beneficiosos, el primero tiene los siguientes criterios:

- La deficiencia del elemento impide a la planta completar su crecimiento y un normal desarrollo por lo cual se presentará muerte prematura de la planta, los síntomas de deficiencia del elemento pueden ser prevenidos o corregidos sólo mediante el suministro del elemento.
- El elemento está directamente involucrado en la nutrición de la planta; interviniendo directamente en el metabolismo, también puede corregir alguna deficiencia de los microorganismos del suelo en que se desarrolla el cultivo.

Los elementos benéficos (Tabla 5) favorecen de alguna manera no bien establecida hasta ahora, el desarrollo de la planta, podría ser por compensación

de los efectos tóxicos de otros elementos o porque sustituyen en algunas funciones a algún elemento esencial.

Algunos elementos se acumulan de preferencia en ciertos tejidos de acuerdo a la función metabólica en la que participan (el Mn y el Mo se encuentran principalmente en las hojas, el B Co, Cu y Zn se acumulan tanto en órganos vegetativos como reproductivos). En relación con esta acumulación de elementos, las plantas difieren en la magnitud de los microelementos extraídos. El hecho de que una planta acumule o excluya elementos particulares, obedece principalmente a la participación de estos elementos en procesos fisiológicos y bioquímicos (Giraldo 2002).

Las plantas disponen de mecanismos físicos, químicos y biológicos, para la captación de sustancias nutritivas del medio que las rodea, por lo tanto generalmente el suelo debe suministrar los alimentos que la planta necesita para su desarrollo.. Para que la planta esté bien nutrida, se debe alimentar al suelo de donde ella va a extraer los nutrientes, y debe estar en equilibrio para recibir, transformar y suministrar los materiales orgánicos e inorgánicos en la cantidad suficiente que la planta requiera. Los materiales deben ser eficazmente manejados en el suelo de tal manera que permitan un suministro completo, balanceado y oportuno a la planta.

3.6.1 Requerimientos de los forrajes en suelos.

La mayor parte de los suelos del trópico húmedo presentan problemas de acidez, alto contenido de Al, Fe, Mn y bajos contenidos de N, P, Ca, Mg y en muchos casos de S y elementos menores. En estas condiciones se dificulta el desarrollo de las raíces de la mayoría de las especies vegetales, que terminan desarrollándose en una pequeña zona cercana a la superficie del suelo donde se presenta una fuerte actividad biológica y una rápida descomposición de la materia orgánica. El reciclado de nutrientes es muy rápido, la planta es susceptible a la sequía y no extrae agua o nutrientes de las capas inferiores del suelo. Por esto una de las alternativas propuestas actualmente se basa en la utilización de plantas forrajeras para la alimentación de ganado, por su gran adaptabilidad a condiciones fisicoquímicas extremas del suelo y además porque la mayoría de estas plantas tienen los requerimientos óptimos para nutrición animal (Jiménez 2008)

Un factor importante para los requerimientos de las plantas forrajeras es el pH del suelo por que aporta información en diversos ámbitos de la edafología. Las plantas solo pueden absorber los minerales disueltos en el agua, mientras que la variación del pH modifica el grado de solubilidad de los minerales. Es evidente que en la naturaleza, existen especies vegetales adaptadas a ambientes extremadamente ácidos y básicos

La absorción de los elementos minerales de las plantas forrajeras, obedece a los mismos mecanismos que opera en las plantas superiores en general los elementos esenciales para las plantas forrajeras son los mismos que para cualquier otro tipo de planta. Además la absorción de nutrientes está influenciada por factores externos (concentración, temperatura, tensión de oxígeno, iones presentes en el sustrato, micorrizas) e internos (potencial genético, presencia de sustratos respiratorios y estados iónicos de la célula) que generan un cambio sobre la velocidad de absorción de nutrientes (Schunke 2001).

La solución de suelo presenta una compleja interacción de iones, los elementos presentes se encuentran en su forma benéfica y en su forma toxica. La presencia de altas concentraciones de un elemento, puede forzar que la absorción de otro elemento se vea disminuida por inhibición competitiva o no competitiva. Como consecuencia de la inhibición competitiva el elemento de mayor concentración se acumularía en la planta hasta alcanzar niveles perjudiciales para los animales que la consuman.

En cuanto a la inhibición no competitiva el elemento de mayor concentración puede no ser absorbido en cantidades apreciables porque no estaría ocupando los lugares del elemento de menor concentración. Por ejemplo, plantas con deficiencia de Mg puede ser inducida por el exceso de K o Ca; exceso de Mo puede causar deficiencia de Cu lo que produciría diarrea a los animales que lo consuman, o exceso de S, puede inducir la carencia de Se.

Las especies forrajeras pueden diferir en cuanto a la capacidad de absorción de un determinado elemento, ejemplo de esto son las leguminosas que absorben selectivamente más P y Ca que las gramíneas.

La cantidad de nutrientes extraídos por las plantas pueden variar en función del estado de desarrollo de la planta, pues a medida que las plantas forrajeras envejecen disminuyen las concentraciones de N, P y Mg, aumentando el Ca. (Schunke 2001).

3.7 ENSILAJE

Una de las alternativas para alimentar a los animales durante periodos en los cuales se escasean los forrajes, bien sea por sequía o por exceso de lluvias, en la cual se disminuye la disponibilidad de forrajes, es el uso de ensilaje, este método ayuda a preservar o conservar los forrajes verdes, y se basa en el proceso de fermentación, mediante el cual se registran una serie de cambios bioquímicos que permiten mantener estable el valor nutritivo del forraje durante varios periodos de tiempo. Para la preparación del ensilaje el forraje es previamente picado, almacenado en un silo, compactado y tapado herméticamente para evitar la presencia de aire que conduce a una fermentación no adecuada. Como fuente de

energía, se agrega melaza de caña que provee de carbohidratos solubles, azúcares y algunos minerales como hierro, Cobre, Manganeseo y vitaminas tipo B, utilizados por los microorganismos encargados de la fermentación.

Un buen ensilaje aporta nutrientes de buena calidad sin permitir modificaciones y pérdidas en el valor nutritivo del forraje. La preservación de los valores nutricionales de una planta forrajera solo se logra controlando y manteniendo el mecanismo de la fermentación. Las plantas al ser cosechadas, cortadas y almacenadas continúan respirando, al mismo tiempo los millones de bacterias aeróbicas existentes en la superficie de la planta crecen y se multiplican mientras haya oxígeno disponible.

Estas dos condiciones producen reacciones enzimáticas, consumen carbohidratos, producen calor y elevan la temperatura por liberación de energía hasta 60°C, además liberan gases como el anhídrido carbónico (Cedeño 1996).

Dependiendo de la compactación y el mecanismo de eliminación del aire, en el silo se agota el oxígeno en unas 3-4 horas y se inicia el proceso anaeróbico de fermentación. En este momento se cambia la población bacteriana, las bacterias aeróbicas desaparecen y comienza la proliferación de las anaeróbicas. Esta última es la deseable pues su metabolismo produce ácido láctico. Durante la fase inicial son muy pocas pero a nivel del cuarto día se deben encontrar millones por gramo de ensilaje. Durante el proceso de multiplicación bacteriana anaeróbica, las bacterias se alimentan y rompen el contenido celular vegetal, degradando los carbohidratos en ácido láctico, acético, propiónico, fórmico y succínico. A excepción del ácido láctico los demás se producen en pequeñas cantidades.

La proliferación de las bacterias como los lactobacilos, productores de ácido láctico bajan el pH del silo hasta un valor inferior a 4.2 que resulta letal para otros tipos de bacterias. Así se conforma un medio donde solo se permite el crecimiento poblacional de los microorganismos de su especie. Para que proliferen los lactobacilos el silo debe contener materiales ricos en carbohidratos, mantener el nivel de pH entre 4 y 4.2, pasar rápidamente de condiciones aeróbicas a anaeróbicas y mantener temperaturas de 35 a 40 °C. Si estas condiciones no se dan, se invierte el proceso y se presenta proliferación de ácido butírico, proliferan las bacterias proteolíticas, se produce amoníaco, mal olor y sabor, y se desencadena la putrefacción del silo. Esta se incrementa si los materiales a almacenar tienen exceso de humedad. Durante la fermentación, la proteína de los forrajes es degradada, por lo que aunque se ensile adecuadamente, es frecuente que exista una disminución de la proteína original.

Las características de un buen ensilaje son: pH de 3.5 a 4.2, humedad entre 65-70%, color verde amarillento, olor agradable, sin presencia de hongos, consumo inmediato por parte de los animales. (Cedeño 1996)

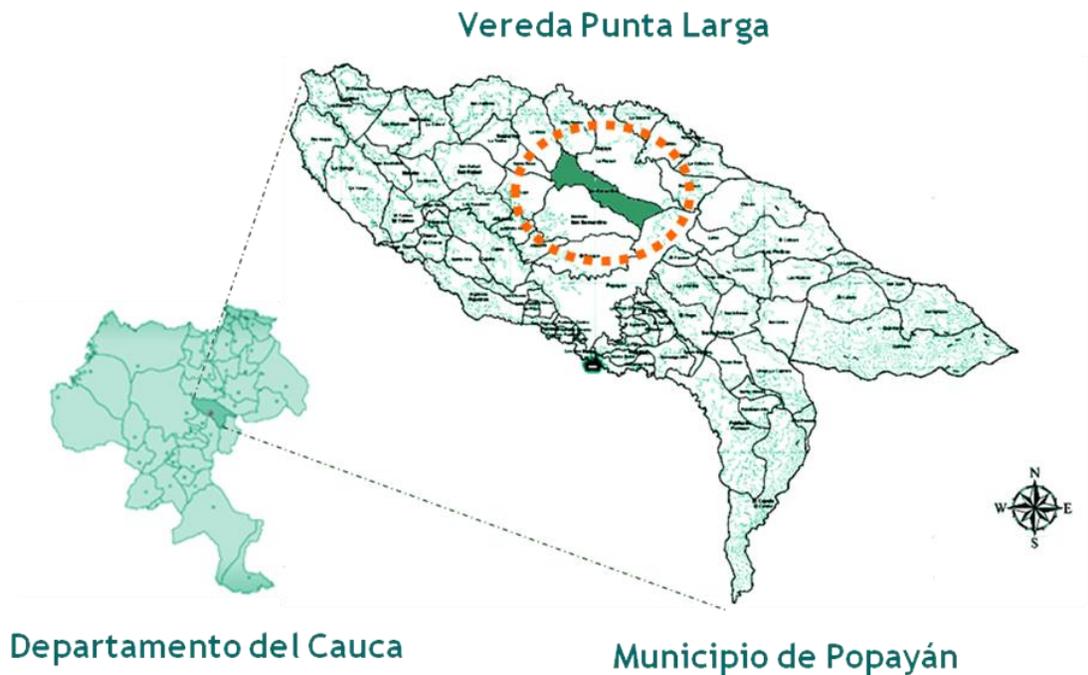
4. METODOLOGÍA

4.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El estudio se llevó a cabo en La finca Manila de la vereda Punta Larga, municipio de Popayán. Ubicada al nor-occidente de la ciudad a 1800 metros sobre el nivel del mar, en donde existe una planta artesanal de ensilaje alimentada con plantas cultivadas en la misma finca, (Figura 12), destinado para alimentación de ganado.

Los análisis de suelos y plantas se realizaron en el Laboratorio de Agroquímica y en La Unidad de análisis industriales de la Universidad del Cauca

Figura 12. Ubicación geográfica de la Vereda Punta Larga



4.2 TOMA DE MUESTRAS

4.2.1 Muestras de suelos

La toma de las muestras de suelos se hizo de acuerdo a la metodología estandarizada en el laboratorio de Agroquímica de la Universidad del Cauca, (Bravo y Giraldo 2003) delimitando el área e identificando las respectivas unidades

de muestreo de acuerdo a la altura, topografía o relieve, tipo de cultivo, vegetación.

Para tomar las respectivas muestras, se delimitó el área y se cruzó en zig – zag, haciendo sondeos en la capa arable que comprende alrededor de 20 a 30cm de profundidad. Se tomaron entre 10 y 15 submuestras mezclándolas homogéneamente y se forma con estas una muestra compuesta de 1Kg para cada tipo de cultivo.

En la Figura 13 se relaciona la ubicación de los cultivos en la Finca objeto de este trabajo

Figura 13. Distribución de los cultivos forrajeros en la Finca Manila



Diseño: Sandoval Velasco 2009

4.2.1.1 Preparación de las muestras.

Las muestras compuestas se llevaron al laboratorio, inmediatamente se determina la humedad de campo, posteriormente se extienden para que se sequen al aire durante dos días, después se muelen y se pasan por tamiz de malla 2mm.

Las muestras se almacenaron por separado en frascos de vidrio limpios y secos, se tapan herméticamente, y se guardan en un lugar fresco y seco.

4.2.2 Muestras de material vegetal.

Las plantas se muestrearon en estado de prefloración (Dos meses de rebrote para Ramio y Nacedero; un mes de rebrote para Botón de Oro). El material vegetal se muestreó aleatoriamente, haciendo un recorrido en zig-zag hasta un peso aproximado de 1 Kg.

Para Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y Ramio (*Boehmeria nivea*), las plantas se cortaron a una altura media (A diez centímetros del suelo), tomando la hoja y el tallo comestibles por el ganado. Para Nacedero (*Trichantera gigantea*) se tomó la hoja con su pecíolo a una altura media del árbol, también comestible para el ganado.

4.2.2.1 Preparación de las muestras.

Las muestras, se guardaron en bolsas de polietileno y se llevaron lo antes posible al laboratorio. Una vez limpias, se secan en un horno con ventilación forzada a 40°C. Esto facilita la molienda que se efectúa en un molino eléctrico provisto de un tamiz con malla de 2mm (Figura 14).

Figura 14 Muestras Vegetales en el laboratorio



Foto: Burbano C, Cuatindioy E

Fue necesario separar las hojas de los tallos de botón de oro, debido al tamaño y consistencia del tallo, con el fin de obtener una muestra homogénea para el análisis. Mientras que para ramio no fue necesaria esta separación

4.2.3 Muestra ensilada.

Se preparó un ensilado con Botón de Oro, Nacedero, Ramio en proporción 3:3:2 respectivamente y melaza (1L diluido en 1L de agua). Después de un mes de fermentación anaerobia se desempacó el ensilado y se toma una muestra representativa, para llevar al laboratorio con el propósito de estimar el valor nutritivo del ensilado consumido por el ganado de la finca en mención (Figura 15).

Figura 15 Muestra de Ensilado



Foto: Burbano C, Cuatindioy E 2008

4.2.3.1 Preparación de la muestra ensilada.

La muestra se secó en un horno con ventilación forzada a 40°C volteándola periódicamente. Se molió en un molino eléctrico provisto de un tamiz con malla de 2mm y se almacena en condiciones adecuadas de humedad y temperatura.

4.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE LOS SUELOS

Con el objeto de diagnosticar la fertilidad de los suelos con que se va a trabajar, se realizaron análisis físicos y químicos, de acuerdo a la metodología estandarizada en el Laboratorio de Agroquímica de la Universidad del Cauca (Bravo y Giraldo 2003).

4.3.1 Análisis Físicos.

4.3.1.1 Humedad.

Se refiere al contenido de agua con relación al peso o volumen de la masa de suelo. Se expresa en forma gravimétrica cuando tiene relación con la masa del suelo y volumétrica cuando se relaciona con el volumen del suelo.

- **Humedad de campo**

Se determinó por el método gravimétrico, pesando la muestra antes y después del calentamiento a 105°C con el objeto de eliminar el agua superficial en una estufa con circulación de aire forzado.

- **Humedad higroscópica**

Igualmente se determinó por el método gravimétrico una vez seca la muestra al aire. Este valor se utiliza para expresar los resultados en base seca.

4.3.1.2 Textura.

Se refiere a las proporciones de arena limo y arcilla que se encuentran en una masa de suelo. Se realizó aplicando el método de Bouyoucos que consiste en determinar la cantidad de sólidos en suspensión por medio de un hidrómetro. La profundidad del centro de flotación del Hidrómetro varía con la densidad de la suspensión y también con la textura.

Después de 40 segundos, todas las partículas mayores de 50 micras (arenas) se sedimentan, de tal manera que no tendrán influencia sobre el hidrómetro. Las lecturas realizadas una hora después, corresponden a partículas mayores de 5 micras (limos) y a las dos horas a partículas menores de 2 micras (arcillas). El método se fundamenta en la ley de Stokes que dice que la velocidad de caída de las partículas de diferente tamaño en un medio líquido es directamente proporcional al cuadrado del radio de la partícula de donde $V = k \times r^2$.

Donde:

V : Velocidad de caída de las partículas

K : Constante

r : Radio de la partícula

4.3.2 Análisis Químicos.

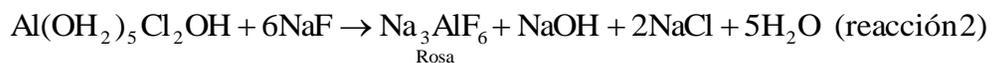
4.3.2.1 pH.

Se determinó potenciométricamente, en suspensión suelo: agua, en relación 1:1 simulando las condiciones del suelo, utilizando un pH – metro METROHM E-744 con electrodo combinado de vidrio.

4.3.2.2 Acidez intercambiable.

Esta determinación consiste en desplazar los iones presentes en el suelo con una solución neutra de KCl, liberando el H⁺ y Al⁺³, titulables con NaOH en presencia de fenolftaleína.

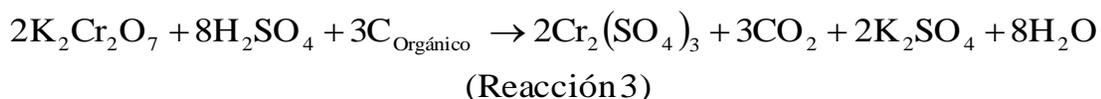
Una vez titulados, estos iones quedan en forma de Al(OH₂)₅⁺² y se valora el Al⁺³ con el propósito de diferenciar entre aluminio de cambio e hidrógeno de cambio, de acuerdo a las siguientes reacciones:



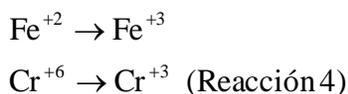
El NaOH producido se tituló con HCl; los miliequivalentes de NaOH dependen de el Aluminio, por lo tanto, el número de miliequivalentes de ácido clorhídrico empleados para neutralizar el NaOH es igual al número de miliequivalentes de Al⁺³. La acidez intercambiable menos acidez de aluminio es igual a la acidez del H⁺.

4.3.2.3 Materia Orgánica.

Se realizó mediante el método de Walckley–Black, que consiste en oxidar el carbono orgánico presente en el suelo con un oxidante en medio ácido:



Realizando una titulación por retroceso con sulfato ferroso, se valoró el dicromato que resta de la reacción y por diferencia se determinó el carbono orgánico presente en el suelo. Las reacciones que ocurren en este paso son:



4.3.2.4 Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).

Se desplazó todos los cationes de sus sitios de cambio, saturando el suelo con acetato de amonio; posteriormente, estos iones amonio son desalojados por NaCl obteniendo NH₄Cl en solución, que se trata con formaldehído para producir HCl:



El HCl se titula con NaOH en presencia de fenolftaleína.

4.3.2.5 Determinación de las bases de cambio.

Corresponden al Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio disponibles. Se determinaron en el primer extracto del tratamiento con acetato de amonio (AcONH₄) 1N de la determinación de CIC (sección anterior) y la cuantificación se realizó por espectrofotometría de Absorción Atómica, en el equipo Thermo serie S4SN71203 de la unidad de análisis industriales de la Universidad del Cauca. Las concentraciones de las soluciones preparadas para las curvas de calibración se relacionan en la tabla 8

Tabla 8. Curvas de calibración de bases cambiables

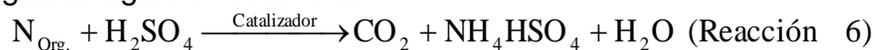
Elemento	Concentraciones (ppm)
Calcio	0, 0.2, 0.4, 0.8, 1, 1.5, 2
Magnesio	0, 0.06, 0.12, 0.24, 0.36, 0.6
Sodio	0, 0.125, 0.25, 0.5, 0.750, 1.00, 1.250
Potasio	0, 0.15, 0.3, 0.6, 0.9, 1, 1.5

4.3.2.6 Determinación de nitrógeno por el método de Kjeldhal.

Este método es el utilizado universalmente para la determinación cuantitativa de nitrógeno procedente de diversos materiales, y se basa en tres etapas:

- **Oxidación**

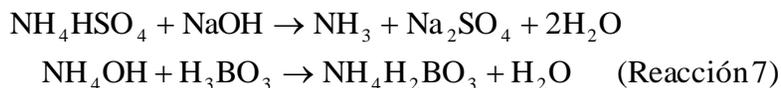
Las muestras se trataron con H₂SO₄ y una mezcla catalizadora de CuSO₄ Selenio y K₂SO₄ para oxidar la materia orgánica y convertir el nitrógeno en sulfato ácido de amonio según la siguiente reacción:



El equipo utilizado para extraer los vapores producidos en la digestión fue el scrubber BÜCHI B-426

- **Descomposición del sulfato ácido de amonio**

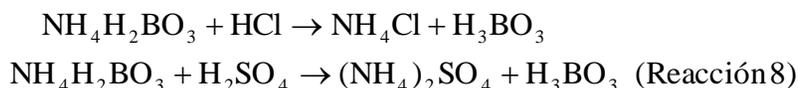
El sulfato de amonio se descompone por medio de un exceso de álcali para liberar el amoníaco, el cual se recogió por destilación sobre ácido bórico. Las reacciones son las siguientes:



El equipo de destilación empleado fue BÜCHI K-314

- **Titulación del borato de amonio**

El borato de amonio formado en el paso anterior se valoró con HCl o H₂SO₄ 0.1N utilizando como indicadores una mezcla de rojo de metilo y verde de bromocresol. La reacción correspondiente es la siguiente:



4.3.2.7 Determinación de fósforo disponible.

Se utilizó el método de Bray II para suelos ácidos, se extrae el fósforo disponible con una solución de fluoruro de amonio acidificada, el ión fluoruro precipita el calcio soluble, extrayendo así las formas de P unido al Ca más solubles. Posteriormente, el P se cuantificó por el método colorimétrico, el cual consiste en formar un complejo de fósforo con ácido molíbdico que absorbe a 660nm, de acuerdo a la siguiente reacción:



Este hetero compuesto incoloro por reducción con ácido ascórbico forma un compuesto de color azul que absorbe a 660 nm.

El equipo utilizado en esta determinación fue el Espectrofotómetro visible SPECTRONIC GENESYS 20.

4.3.2.8 Determinación de elementos menores.

Se hizo por EAA previa extracción con DTPA. Se usó DTPA para quelatar los minerales y CaCl_2 para suministrar una fuerza iónica apropiada, debido a que la extracción de Hierro y Manganeso depende mucho del pH, la solución extractante es tamponada con trietanolamina.

Tabla 9. Curvas de calibración de elementos menores

Elemento	Concentración (ppm)
Hierro	0, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5
Cobre	0, 0.8, 1, 2, 4, 5, 6
Manganeso	0, 0.3, 0.4, 0.6, 1, 2, 3
Zinc	0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.6, 0.8

4.4 CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL VEGETAL

La caracterización se realizó mediante análisis físicos y químicos

4.4.1 Análisis Físicos.

Los análisis físicos practicados corresponden a las siguientes determinaciones:

4.4.1.1 Humedad.

Se realizó con el fin de determinar el contenido de materia seca contenida en el forraje. Se basa en el método gravimétrico, una vez seca la muestra en estufa a 40°C para evitar modificaciones en su composición química.

4.4.1.2 Cenizas.

Representan la porción mineral o inorgánica del forraje. Este es también un método gravimétrico que consiste en pesar la muestra antes y después de la calcinación a 550°C durante un mínimo de 6 horas hasta peso constante.

4.4.2 Análisis Químicos.

Comprenden las siguientes determinaciones:

4.4.2.1 Extracto etéreo (EE).

Se determinó aplicando el método de extracción Soxhlet utilizando un sistema de extracción cíclica de los componentes solubles en éter que se encuentran en el forraje; consiste en el aislamiento de la grasa y otros compuestos solubles como fosfolípidos, esteroides y pigmentos por disolución en el solvente (Bateman, 1970).

4.4.2.2 Proteína Cruda (PC).

Se llevó a cabo aplicando el método Kjeldhal descrito en la sección 4.3.2.6 para determinar Nitrógeno total; consiste en la estimación de la proteína total basada en el contenido de nitrógeno orgánico del alimento multiplicado por una constante ($N \times 6.25$). La proteína cruda incluye la proteína verdadera y el nitrógeno no proteico

(NNP), tales como el nitrógeno ureico y el amoniacal El valor de la proteína cruda no suministra información de la composición en aminoácidos, ni de la digestibilidad intestinal de la proteína o cuan aprovechable es en el rumen (Sandoval, 2007)

4.4.2.3 Fibra en detergente neutro (FDN).

Este método da una buena estimación de la fibra insoluble (celulosa, hemicelulosa, lignina, cutina y sílice) e implica una digestión en reflujo del material vegetal, con una solución caliente de sulfato de lauril sódico y EDTA en concentración de 0.1M y 0.064M respectivamente y una subsecuente determinación gravimétrica del residuo. Posteriormente se calcina el residuo con el propósito de determinar los minerales unidos a la fibra y deducirlo para de esta manera corregir algunas interferencias que puedan originar estos elementos

4.4.2.4 Fibra en detergente ácido (FDA).

Para determinar la fracción de fibra en detergente ácido (FDA) se sometió la muestra del material vegetal a una digestión ácida (solución de Bromuro de amonio y ácido sulfúrico) que separa como residuo la parte insoluble, (celulosa, lignina, sílice, y nitrógeno unido a la fibra) En este proceso se extrae la hemicelulosa, de tal forma que la fibra remanente está constituida en su mayoría por celulosa y lignina.

4.4.2.5 Lignina en detergente ácido (LDA).

La determinación de lignina se realizó a continuación de la digestión del material vegetal con detergente ácido, el residuo de FDA una vez pesado, se somete a una digestión con ácido sulfúrico al 72% para eliminar la celulosa y el residuo no hidrolizado representa la lignina.

4.4.2.6 Determinación de minerales: K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu.

El análisis de los elementos minerales se realiza a partir de la digestión de las cenizas provenientes del material vegetal, con una mezcla de ácidos. La determinación analítica se lleva a cabo mediante espectrofotometría de absorción atómica y atomización con llama que brinda una forma rápida y fácil para la determinación de todos los minerales.

Las concentraciones de las soluciones patrón para las curvas de calibración se especifican en la tabla 10

Tabla 10. Curvas de calibración macro y micro nutrientes

Elemento	Concentraciones (ppm)
Calcio	0, 0.2, 0.4, 0.8, 1, 1.5, 2
Magnesio	0, 0.06, 0.12, 0.24, 0.36, 0.6
Sodio	0, 0.125, 0.25, 0.5, 0.750, 1.00, 1.250
Potasio	0, 0.15, 0.3, 0.6, 0.9, 1, 1.5
Cobre	0, 0.8, 1, 2, 4, 5, 6
Manganeso	0, 0.3, 0.4, 0.6, 1, 2, 3
Zinc	0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.6, 0.8

4.4.2.7 Determinación de fósforo.

Para la determinación de fosforo total en el tejido foliar se empleó el método colorimétrico detallado en sección 4.3.2.7, haciendo uso de la solución ácida resultante de la digestión anterior.

El equipo utilizado en esta determinación fue el Espectrofotómetro visible SPECTRONIC GENESYS 20.

4.4.2.8 Determinación de Aluminio

Para la determinación de aluminio, se utilizó el equipo Spectroquant Nova 60.

El principio de este método consiste en la reacción del aluminio con Cromazurol S, indicador complejométrico para aluminio, el cual reacciona en solución débilmente ácida (pH 5.5 - 6.0) amortiguada con acetato. Produciendo un complejo violeta azulado que se determina fotométricamente a 550nm. El proceso se especifica en la reacción 10



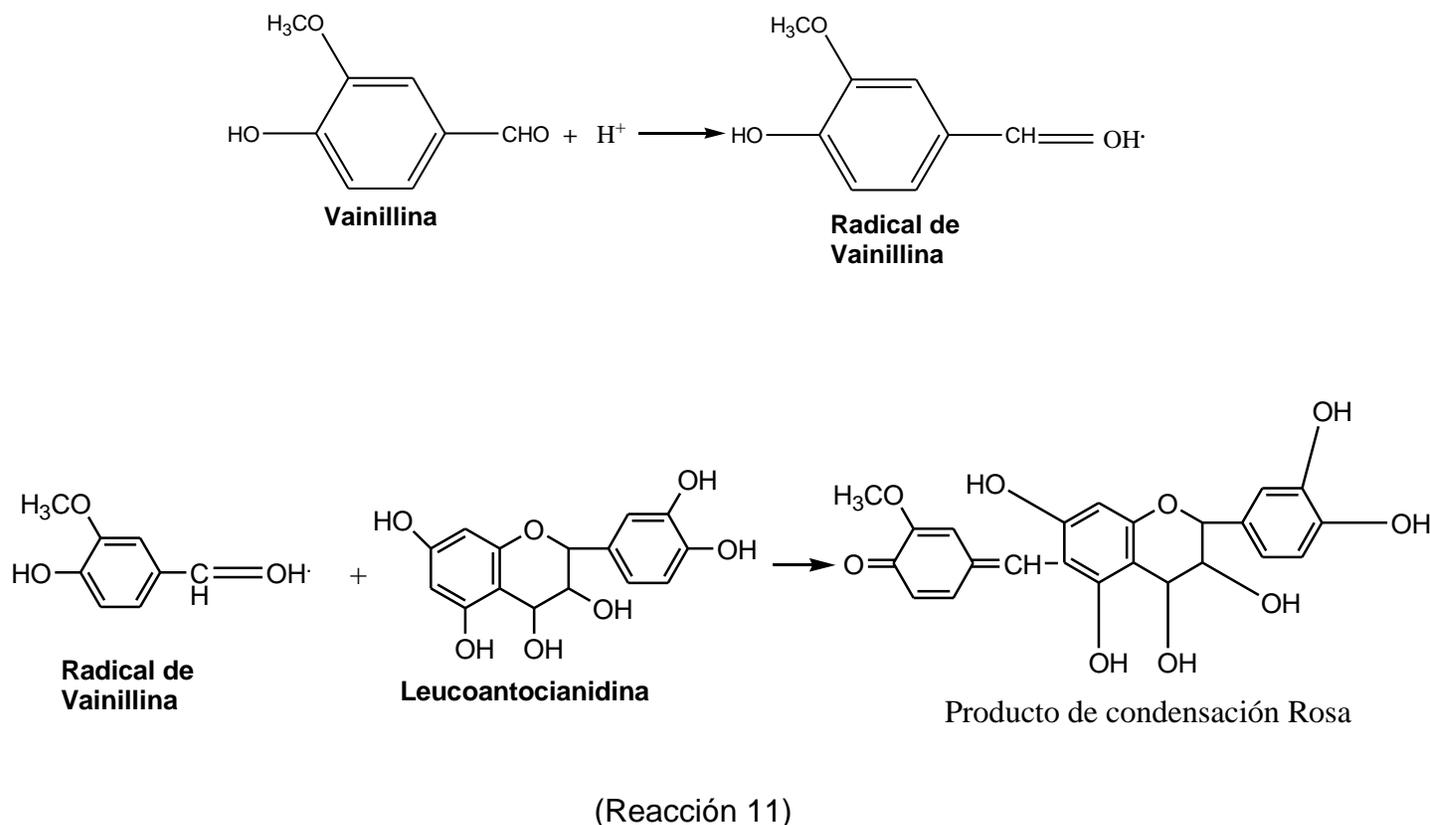
4.4.2.9 Determinación de taninos. Método de vainillina.

Los taninos son solubles en solventes polares y se extraen del material vegetal liofilizado con una solución acuosa de acetona acidificada (Chavan *et al*, 2001).

Para la determinación cuantitativa se aplicó el ensayo colorimétrico de vainillina acidificada, utilizando soluciones patrón de catequina (SIGMA C1251-56 (+)

Catechin hidrate) para la curva de calibración que comprende un rango de 0, 20, 50, 100, 200, 300, 400, 500ppm.

Este método se basa en la reacción entre el radical electrofílico de vainillina formado en solución ácida con el anillo bencénico de los taninos, produciendo un compuesto rosa que tiene una máxima absorbancia a 500nm. La reacción corresponde a la número 11:



Debido a que en las muestras analizadas, se encuentran niveles de taninos inferiores al límite de cuantificación, se aplicó el método de adición estándar, para el cual, las muestras son fortificadas con 100ppm de Catequina (patrón); de esta manera se asegura que las lecturas alcancen a superar el límite de cuantificación.

4.4.3 Extracción y purificación de Proteínas.

Con base en el contenido de Proteína se seleccionaron las hojas frescas de Botón de oro para extraer y purificar la proteína soluble de acuerdo al procedimiento descrito por Mcallister *et al* (2005). en las figuras 16 y 17. Se relaciona los diagramas de flujo empleados en esta determinación.

Figura 16. Diagrama de extracción de proteína de Botón de Oro

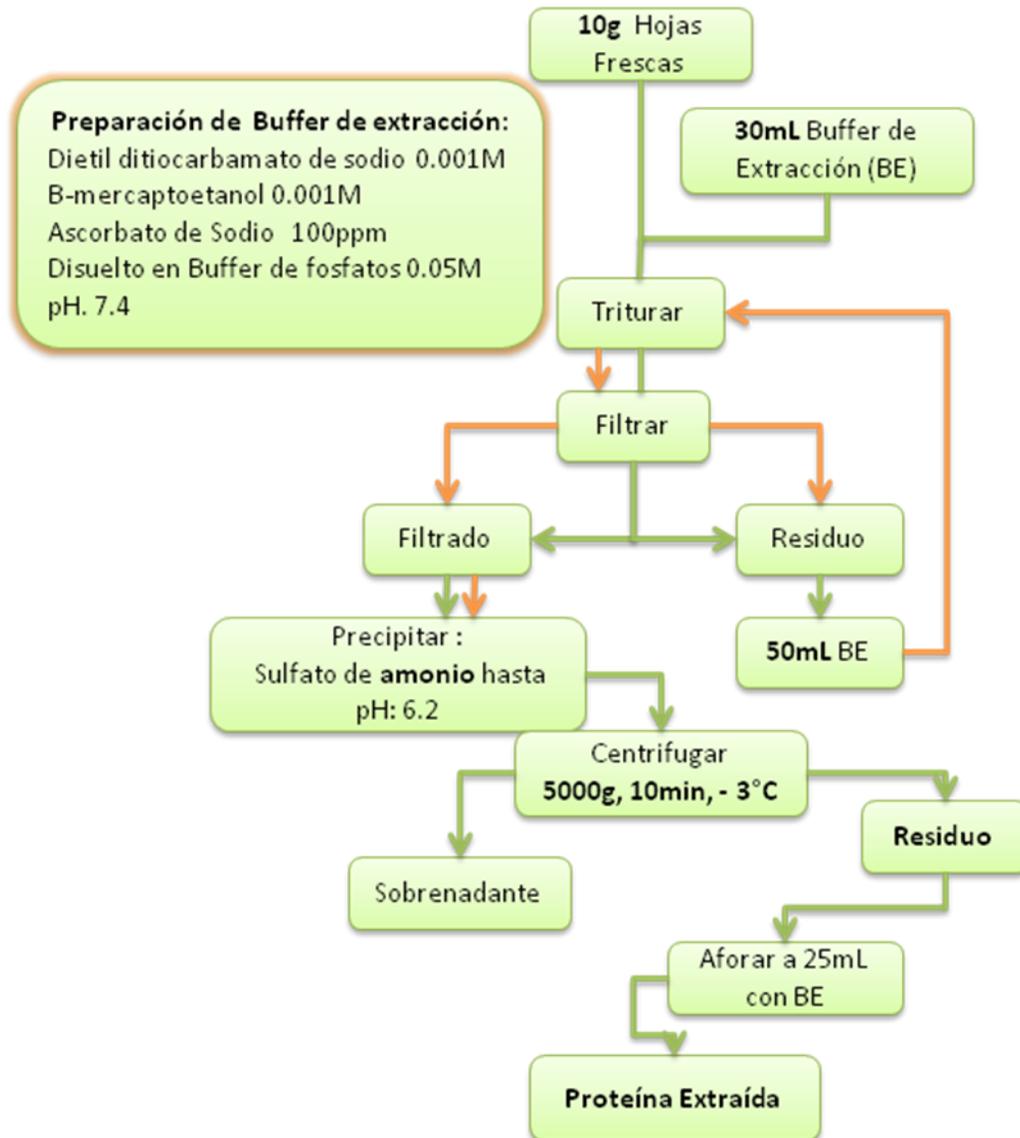
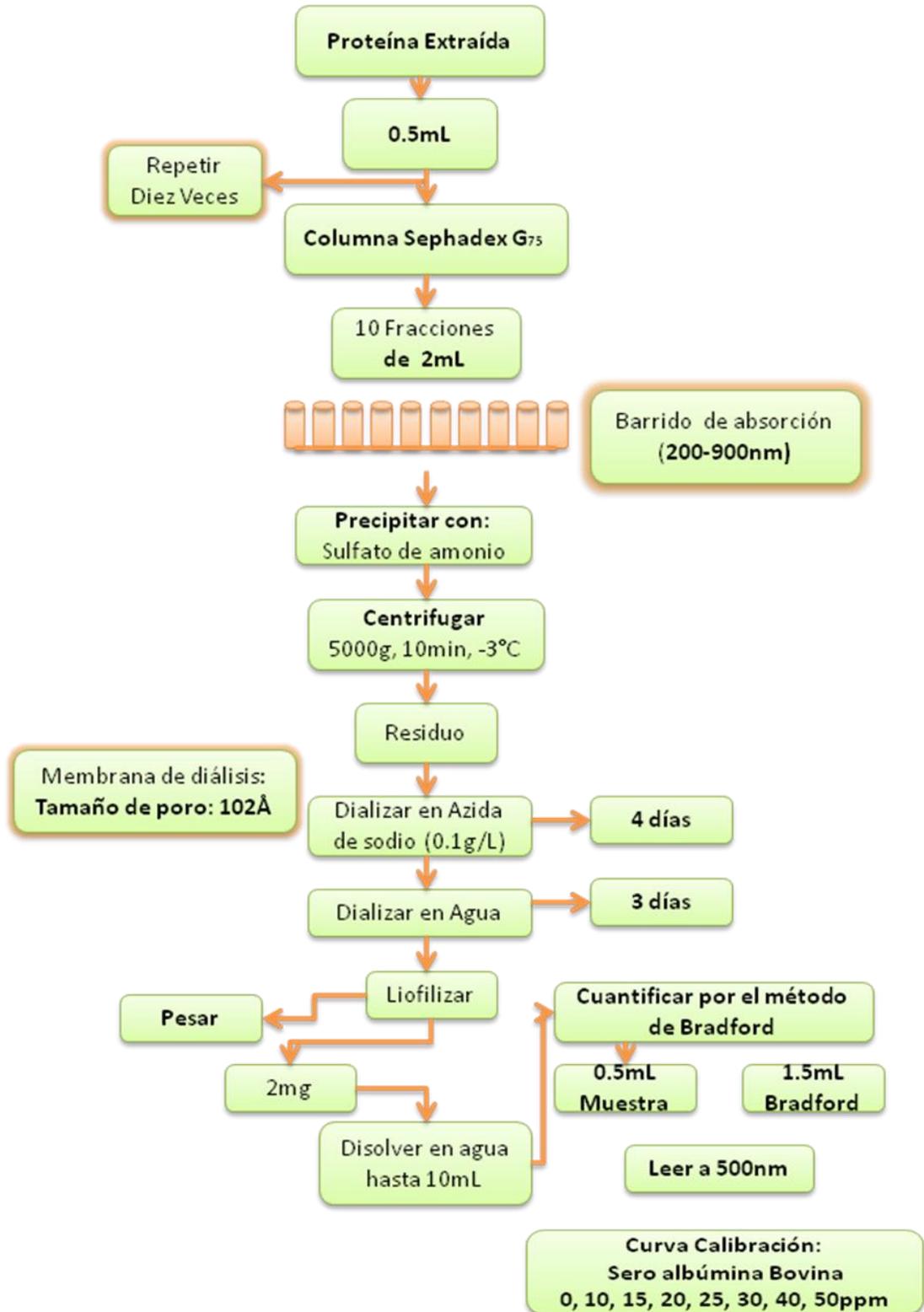


Figura 17. Diagrama de purificación y cuantificación de la proteína extraída



4.5 CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL ENSILADO

Las determinaciones realizadas en el ensilado o mezcla fermentada son en principio las mismas que las citadas para el material vegetal. Sin embargo, para el conocimiento de la calidad fermentativa de un silo es importante la determinación de pH en el líquido extraído del ensilado, porque proporciona una visión general de su calidad fermentativa y estabilidad. El pH óptimo es menor de 4.2.

4.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño para la toma de las muestra fue un diseño monofactorial completamente aleatorio sobre las unidades de Muestreo definidas para un experimento observacional.

Los resultados se sometieron a un tratamiento estadístico que comprende pruebas de normalidad de Shapiro Wilk y pruebas paramétricas tales como análisis de Varianza ANOVA, Duncan, T3 de Dunnett y pruebas no paramétricas como la de Kruskal walis.

5. RESULTADOS

5.1 ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE SUELOS

Los resultados de la caracterización física y química de las muestras de suelo provenientes de la finca Manila se reportan en las tablas 12, 13 y 14.

La interpretación de los análisis de suelos se llevó a cabo utilizando tablas de fertilidad que contienen los valores de referencia de los nutrientes con base en el concepto de nivel crítico (Sociedad Colombiana de la Ciencia del suelo (2000), Fassbender y Bohemisza (1987)).

5.1.1 Suelo cultivado con Botón de Oro

Los resultados del análisis del suelo cultivado con botón de Oro se representan en la tabla 11.

Tabla 11. Análisis físico y químico del suelo cultivado con Botón de oro

Propiedades físicas						
Suelo	Humedad de campo (%)	Humedad Higroscópica (%)	Granulometría			Textura
			Arena %	Arcilla %	Limo %	
Andisol	50.95	20.53	81.8	8.3	9.9	Franco arenosa

Propiedades químicas								
pH	C %	MO %	N %	C/N	P (ppm)	Acidez intercambiable	Aluminio Intercambiable	Hidrógeno Intercambiable
5,12	12,79	22,05	1,03	12,48	1,42	1,37	1,14	0,23

Bases de cambio (meq/100g)						Minerales (mg/Kg)					
Ca	Mg	Na	K	Ca/Mg	Ca+Mg/K	CIC	CICE	Fe	Cu	Mn	Zn
1,99	0,58	0,37	1,25	3,44	2,06	70,36	5,56	60,65	0,81	3,92	2,04

El suelo presenta un porcentaje de humedad higroscópica de 20.53%, que se encuentra dentro del rango normal (15-25%), e indica una adecuada retención de agua, este parámetro se relaciona con su textura franco arenosa que le confiere un buen drenaje y adecuada aireación, sin embargo, en este suelo predominan las arenas (81.8%) y el porcentaje de arcillas es bajo (8.3%), por lo tanto la retención

de humedad se atribuye al nivel de materia orgánica que supera los contenidos propios de este tipo de suelos, indicando la aplicación de abonos orgánicos en cantidades apreciables, que se han acumulado gradualmente sin ser transformados por completo porque los microorganismos encargados de su mineralización trabajan lentamente sin lograr alcanzar un adecuado proceso de humificación; es muy probable que el nivel excesivo de MO observado en el suelo (22.05%), puede estar aportando acidez debido a los ácidos orgánicos producidos en su descomposición aunque es importante aclarar que en proporciones adecuadas la MO tiene numerosos efectos benéficos como reserva de nutrientes y la contribución a mejorar la estructura del suelo.

Aún cuando se encuentren niveles elevados de nitrógeno (mayor de 0.25%) no se puede asegurar una disponibilidad adecuada para la absorción por las plantas, este valor incluye el nitrógeno en forma orgánica que no puede ser asimilada por la planta mientras no sea transformada previamente en forma de N inorgánico; pero atendiendo la relación entre el Carbono y nitrógeno (12.48) se nota que hay una normal mineralización.

Con un pH de 5.12 este suelo se encuentra dentro del rango de acidez fuerte (5.0-5.5), atribuible al contenido de materia orgánica y no al aluminio intercambiable puesto que se encuentra en un nivel no tóxico (menor de 1.5), sin embargo, este puede conducir a la insolubilización del fósforo volviéndolo indisponible para las plantas (Silva 2000).

En estas condiciones de acidez se ve afectada la disponibilidad de muchos nutrientes como el P que se encuentra limitado (1.42ppm menor de 15ppm) pues se favorece la adsorción de este en la fase coloidal y puede intercambiarse aniónicamente; también se incrementa la solubilidad de Al, Fe y Mn que logran precipitar el fósforo en forma de fosfatos de Hierro y Aluminio ocasionando su deficiencia.

A pesar de que este suelo fue encalado cuatro meses atrás del muestreo, no se observa su efecto sobre la corrección del pH puesto que continúa siendo ácido debido seguramente a la constante y repetida aplicación de enmiendas orgánicas que ejercen un efecto tampón impidiendo cambios significativos en el pH, además del suministro continuo de acidez por parte de esta materia orgánica.

Contiene elevado valor de CIC (70,36 meq/100g) atribuible a la materia orgánica puesto que aporta cargas negativas que se encargan de retener los iones de la solución del suelo permitiendo que estén disponibles para cambio en el momento que la planta los llegue a necesitar y no se pierdan las bases por lavado (CIC efectiva mayor de 4).

Se encuentran deficiencias de Ca (1,99 meq/100g) y Mg (0,58 meq/100g) porque probablemente se han absorbido por las raíces de las plantas rápidamente, aunque la relación entre Ca y Mg se encuentra en el rango apropiado; el nivel de potasio mayor de 0.30 meq/100g es alto pero la relación (Ca + Mg)/K se encuentra en desequilibrio, indicando el predominio del Potasio. El sodio, se observa en el rango normal de estos suelos ácidos (menor de 1 meq/100g).

En cuanto a los elementos menores, se encuentra niveles altos de Zn y excesivos de hierro que puede llegar a ser tóxico para las plantas que son sensibles a la concertación de Fe además de que ejerce un efecto antagónico con el fósforo relacionado con su gran deficiencia. De otra parte, también se aprecia deficiencias de Cu y Mn que pueden haber sido quelatados fuertemente por la materia orgánica afectando su disponibilidad y con ello el desarrollo normal de la planta.

5.1.2 Suelo cultivado con Nacedero.

Los resultados del análisis del suelo cultivado con Nacedero se representan en la tabla 13

Tabla 12. Análisis físico y químico del suelo cultivado con nacedero

Propiedades físicas									
Suelo	Humedad de campo (%)	Humedad Higroscópica (%)	Granulometría			Textura			
			Arena %	Arcilla %	Limo %				
Andisol	52.20	22.34	78.2	7	14.8	Franco arenosa			

Propiedades químicas									
pH	C %	MO %	N %	C/N	P (ppm)	Acidez intercambiable	Aluminio Intercambiable	Hidrógeno Intercambiable	
5,11	13.11	22,6	0.83	15.79	1,21	1,35	1,09	0,26	

Bases de cambio (meq/100g)						Minerales (mg/Kg)					
Ca	Mg	Na	K	Ca/Mg	Ca+Mg/K	CIC	CICE	Fe	Cu	Mn	Zn
2.27	0.77	0.32	1.09	2.95	2.78	74.14	5.80	65.45	0,98	3,80	2.27

Este suelo presenta características muy similares a las del suelo de Botón de oro debido a que se encuentran cercanos y presentan la misma topografía, por ende se encuentran afectados por los mismos factores externos.

La humedad higroscópica se clasifica en un nivel normal de 15 a 25% (Silva 2000), indicando un porcentaje de retención de humedad óptimo para el tipo de textura franco arenosa con abundancia de arenas que permite una buena aireación, mayor movilidad del agua y con ella de los nutrientes a través del suelo, facilitando su absorción hacia las raíces.

La capacidad de retención de agua de este suelo se favorece por el excesivo contenido de MO causado por la adición continua de abonos orgánicos que con el tiempo pueden causar daños en la estructura del suelo y originar pérdidas por erosión. Al igual que en el suelo de botón de oro, la MO está haciendo un gran aporte de acidez por sus grupos fenoles y carboxilos, y aunque la mayor parte de la acidez intercambiable está representada por el Aluminio de cambio, este no resulta tóxico pues se encuentra en un rango menor a 1.5 meq/100g (Silva (2000).

Según algunos autores, el pH de este suelo, está siendo clasificado como ácido, presentando graves problemas nutricionales que se reflejan en la fuerte deficiencia de fósforo (menor de 15ppm) que en estas condiciones de acidez, forma compuestos insolubles con el Aluminio y Fe, dejándolo no disponible para las plantas. (Silva, 2000; Fassbender y Bohemisza 1987)

Así mismo la MO influye considerablemente sobre el alto porcentaje de nitrógeno (0,83 %) aunque se encuentra en desequilibrio con el contenido de Carbono (C/N=15.79) pues excede el nivel crítico para este parámetro e indica que hay una mineralización lenta, los microorganismos están inmovilizando el Nitrógeno. Sin embargo, este último parámetro está fuertemente influenciado por las continuas aplicaciones MO, lo que impide obtener una verdadera interpretación

La capacidad de cambio de cationes es elevada (74,17 meq/100g), atribuible a la cantidad de materia orgánica del suelo, que está aportando las cargas negativas que retienen los iones permitiendo que estén disponibles para cambio, de esta forma no se pueden perder por procesos de percolación o por escorrentía esto se puede deducir fácilmente por el alto valor de la capacidad de cambio catiónico efectiva (mayor de 4).

Pese a la alta capacidad de intercambio catiónico, se encuentran insuficiencias en Ca (2,27 meq/100g) y Mg (0,77 meq/100g) porque estas bases son tan necesarias para las plantas que se absorben con rapidez, provocando el descenso de estos nutrientes en el suelo. La relación Ca/Mg se observa apropiada mientras que la relación Ca+Mg/K está en desequilibrio e indica el predominio de Potasio y un buen suministro de este nutriente para las plantas.

Igualmente se encuentran insuficiencias de Cu (0,98 ppm) y Mn (3,80 ppm), el bajo contenido de estos micronutrientes se le puede atribuir a la fracción orgánica la cual es sede de una apreciable parte de estos minerales.

Se encuentra niveles altos de Zn y Fe, este último puede llegar a ser tóxico.

5.1.3 Suelo cultivado con Ramio.

Los resultados del análisis del suelo cultivado con Ramio se representan en la tabla 13

Tabla 13. Análisis físico y químico del suelo cultivado con Ramio

Propiedades físicas											
Suelo	Humedad de campo (%)	Humedad Higroscópica (%)	Granulometría			Textura					
			Arena %	Arcilla %	Limo %						
Andisol	50.09	17.76	73.5	3.4	23	Arenoso Franca					

Propiedades químicas									
pH	C %	MO %	N %	C/N	P (ppm)	Acidez intercambiable	Aluminio Intercambiable	Hidrógeno Intercambiable	
5,39	12.64	21.80	1.04	12.2	4.65	1.06	0.86	0.20	

Bases de cambio (meq/100g)						Minerales (mg/Kg)					
Ca	Mg	Na	K	Ca/Mg	Ca+Mg/K	CIC	CICE	Fe	Cu	Mn	Zn
4.25	2.03	0.76	1.72	2.10	3.66	92.27	9.82	76.94	1.69	7.93	4.22

El suelo cultivado con Ramio, presenta un porcentaje de humedad higroscópica que se encuentra dentro del rango normal (15 a 25%), con textura arenoso franca y predominio de arenas.

El valor de pH clasifica el suelo como ácido, presenta una acidez intercambiable de 1,06 meq/100g, de la cual la mayoría es Al intercambiable (0,86 meq/100g). A pesar de que este valor de Al no es tóxico para las plantas, puede conducir a la insolubilización del fósforo volviéndolo indisponible para las plantas (Silva 2000).

Este pH ácido de 5.39 también puede atribuirse al alto contenido de MO del 21,80% presente en este suelo. Y pese a que fue encalado poco tiempo antes del muestreo, no se logra un incremento significativo en su valor. Esto ocurre debido a que se aplica enmiendas orgánicas constantemente, ejerciendo un efecto tampón que impide el incremento de pH.

Se encuentra un alto contenido de nitrógeno que muy seguramente proviene de la fracción orgánica, sin embargo la relación C/N es adecuada indicando una mineralización normal de la materia orgánica, sin embargo, la fuerte aplicación de enmiendas orgánicas afectan una verdadera interpretación.

El contenido de materia orgánica está influyendo sobre la capacidad de intercambio de cationes, que se clasifica como muy elevada (92,27meq/100g), La CIC efectiva es favorable porque protege al suelo de pérdidas de bases por lavado. A diferencia de los suelos anteriores, no se observa deficiencia de Calcio y Magnesio que están siendo retenidos por la fase coloidal y hay una adecuada relación entre ellos, atribuyendo este comportamiento al encalamiento con dolomita fuente de estas dos bases

El nivel de potasio mayor de 0.30 meq/100g es alto pero la relación (Ca + Mg)/K se encuentra en desequilibrio, indicando el predominio del Potasio. El sodio, se observa en el rango normal de estos suelos ácidos (menor de 1 meq/100g).

Se observa deficiencia de Cu (1,69 ppm) y Mn (7,93 ppm).posiblemente por el exceso de potasio, pues tienen una relación antagónica (Silva 2000) y al igual que los otros suelos, también presenta concentraciones de zinc elevadas y de hierro en exceso que puede ser tóxico para las raíces.

5.2 ANÁLISIS DEL MATERIAL VEGETAL

Los ejemplares de las plantas estudiadas, quedan depositadas en el herbario de la universidad del Cauca, codificadas de la siguiente forma:01(CAUP): *Trichantera gigantea*; 02(CAUP): *Bohemeria Nivea*; 03(CAUP): *Tithonia diversifolia*.

Con el propósito de asegurar una acertada interpretación de los resultados, se efectúa el análisis estadístico de los datos. Para determinar si los datos se ajustan a la distribución normal, se aplica la prueba de normalidad de Shapiro Wilk (ver Anexo A), los resultados de esta prueba indican distribución normal para la determinación de: Extracto etéreo, Fibras, Calcio, Potasio, Hierro y Aluminio, por tanto es posible emplear pruebas paramétricas como el Análisis de varianza ANOVA y T3 de Dunnett (ver Anexo C y E); las otras determinaciones no se ajustan a la distribución normal, por tanto se analizan con pruebas no paramétricas como la H de Kruskal Wallis y la U de Mann Whitney (ver Anexo F y G).

Los resultados de la composición de las plantas forrajeras se presentan en las tablas 14, 15, 16 y 17

5.2.1. Resultado de Análisis Bromatológicos.

La tabla15 indica los resultados del análisis bromatológico en las plantas evaluadas.

Tabla 14. Resultado análisis bromatológico de Plantas Forrajeras

Planta	Humedad	Cenizas	% Base seca				
			E.E	P.C	F.D.N	F.D.A	L.D.A
Hoja Botón de oro	85.75	16.79	1.02	19.79	38.28	31.05	24.06
Tallo Botón de oro	91.93	17.62	0.72	4.07	49.45	41.88	26.41
Nacedero	80.956	19.32	1.62	13.77	40.10	34.54	22.31
Ramio	86.33	16.48	1.17	9.7	42.55	38.59	24.36

M.S: Materia Seca, E.E: Extracto etéreo, F.D.N: Fibra detergente neutro, F.D.A: Fibra detergente ácido, L.D.A: Lignina detergente ácido, P.C: Proteína cruda

Los valores de **proteína cruda** (PC) oscilan entre 19.79% (*Tithonia diversifolia*) y 9.7% (*Bohemeria nivea*), el Nacedero (*Trichantera gigantea*) presenta niveles proteicos intermedios, también se observa que el contenido medio de proteína cruda de las tres especies de plantas difiere significativamente, ($P = 0.000$ Anexo H); la hoja de Botón de Oro exhibe los mayores niveles proteicos, mientras que el menor contenido lo presenta su tallo, puesto que las proteínas de una planta se trasladan desde la raíz hacia las hojas más jóvenes (Palladino, *et al.* 2006).

La cantidad de PC encontrada en estas plantas es comparable con niveles reportados para ellas mismas por diferentes autores como Murgueitio y Gómez (2002) e Iraida (1997) (Tablas 1,2 y 3).

Comparando el contenido proteico de Nacedero con el de otras especies forrajeras (Tabla 6) se observa que también representa un buen recurso de proteína y es aceptable para nutrición bovina (Schunke 2001), mientras que Ramio (*Bohemeria nivea*), por su bajo contenido proteico (9.7%) no alcanza por si solo a suplir los requerimientos proteicos del animal.

Teniendo en cuenta los niveles de PC encontrados, las plantas Nacedero y Botón de Oro pueden considerarse como fuente proteica para la dieta de rumiantes y monogástricos

Otra característica general de todas las muestras analizadas es que presentan valores de fibra digestible (**FDN y FDA**) cercanos a los reportados por Murgueitio y Gómez (2002) e Iraida (1997) (Tablas 1, 2 y 3), para cada tipo de planta. Además de acuerdo a NRC 2001(citado por Palladino *et al*, 2006, Tabla 7) y García carvajal (2004), se deduce que los forrajes analizados cumplen con los requerimientos mínimos de FDN (tabla 7) y que sus porcentajes están cercanos al límite adecuado, (menor de 41%) como se aprecia en la tabla 14. El tallo en cambio, aporta cantidades superiores de FDN puesto que este es el órgano que da soporte y fuerza a la planta, motivo por el cual se acumulan altos contenidos de fibra en su pared celular.

Los valores de **lignina** se encuentran entre 26.41%(Tallo de Botón de Oro) y 22.31% (Nacedero). Ramio y Hojas de Botón de Oro presentan valores intermedios y no se encuentran diferencias significativas entre ellos (P=0.999 Anexo E).

Estos niveles de lignina son elevados si se comparan con otras especies forrajeras (Barroso 2005) cuyo contenido está alrededor de 9.43 a 22.75% siendo posible de esta manera, que interfieran en la calidad nutricional de estos forrajes, todo depende de su velocidad de paso a través del sistema digestivo del rumiante y esto a su vez de la especie de rumiante, su edad, estado de desarrollo y el tipo de producción (carne o leche).

Con respecto al contenido **de ceniza**, Nacedero *Trichantera gigantea* muestra el mayor aporte (19.32%), Botón de Oro *Tithonia diversifolia* presenta contenidos intermedios y Ramio *Boehmeria nivea* la menor cantidad (16.48%) aunque no se encuentran diferencias significativas entre Ramio y Tallo de Botón de Oro (P=0.102 Anexo G).

5.2.2. Resultados de Contenido de Macro nutrientes.

En cuanto al contenido de **N, P, K** (Tabla 15) se observa que hay diferencia significativa entre los contenidos de todas las plantas (P=0.00 Anexo C y F). Las hojas de Botón de Oro *Tithonia diversifolia*, presentan contenidos superiores de N y P que los de las demás plantas analizadas (Figura18).El Tallo de botón de oro se destaca por su alto contenido de K y menor contenido de P y N, indicando que probablemente el K está siendo acumulado en el tallo, pues este órgano es la vía para el transporte de minerales hacia el resto de la planta.

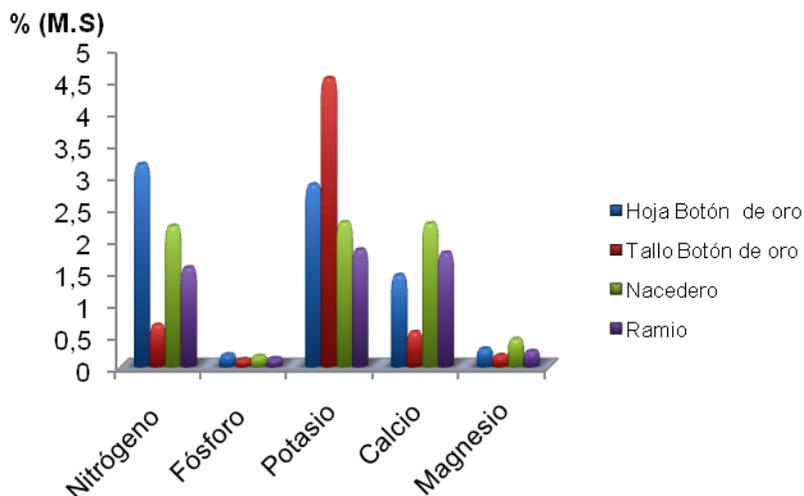
Tabla 15. Contenido de macro nutrientes

Planta	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
	%	mg/100g			
Hoja Botón de oro	3,17	186.01	2849.52	1426.32	276.61
Tallo Botón de oro	0,65	106.58	4516.04	537.23	172.97
Nacedero	2,2	161.35	2264.35	2237.63	428.75
Ramio	1,55	124.95	1832.49	1783.24	237.67

Del anterior análisis se puede deducir que Botón de Oro es la especie que presenta mayor capacidad de absorción de K, N y P a través de la raíz y varios autores resaltan su contenido nutritivo tanto para alimentación animal como para fuente de nutrientes especialmente de potasio en la preparación de enmiendas orgánicas mejoradoras de suelos (Jama *et al*, 2000 y Olabode *et al*, 2007).

Atendiendo al contenido de N, P y K, los valores encontrados en estas plantas están en el rango reportado por Murgueitio y Gómez (2002) e Iraida (1997) para estas mismas especies, así, se podría asumir que el contenido nutritivo se mantiene pese a las diferencias locativas de cada estudio y depende de los requerimientos de cada planta.

Figura 18. Comparación de macro nutrientes en las plantas analizadas (% MS)



Los valores de **Calcio y Magnesio** (Tabla 16) presentan diferencias significativas, siendo los contenidos de Ca y Mg significativamente superiores en Nacadero, los menores contenidos los presenta el tallo botón de oro. Se aprecia que los rangos de estos nutrientes están dentro de los reportados por Schunke, 2001 (Tabla 6) para otras plantas forrajeras y además que dichas concentraciones cubren los requerimientos de los rumiantes (Sánchez *et al*, 1987).

5.2.3. Resultados de Micronutrientes

En la tabla 16 se detallan los resultados del contenido de Micronutrientes.

Tabla 16 Contenido de micro nutrientes

Planta	Hierro	Cobre	Manganeso	Zinc	Aluminio
Hoja Botón de oro	4.31	0.51	8.63	4.26	0.31
Tallo Botón de oro	2.15	0.39	1.75	1.63	0.39
Nacadero	4.14	0.78	1.71	1.81	0.31
Ramio	8.91	0.34	1.38	1.44	0.30

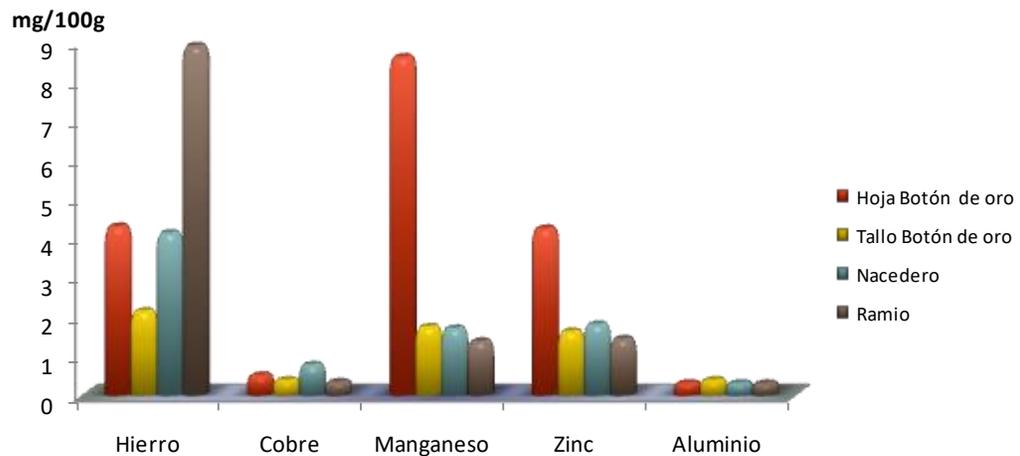
De acuerdo a (Sánchez 1987), se detectan deficiencias de Cu para los tres forrajes estudiados, de Zn y Mn para Nacedero y Ramio, puesto que sus contenidos son inferiores a 1mg/100g y 4mg/100g respectivamente, siendo de esta manera limitantes para la producción lechera.

Por el contrario, en las hojas de Botón de Oro, los niveles de Zn y Mg superan significativamente los requerimientos indicados.

Con base en la consideración de Sánchez *et al*, (1987), quien reporta que 20mg Fe/100g, reduce el consumo de alimento y 10mg Fe/100g ya es tóxico para los animales, se puede deducir que las plantas analizadas no producirán efecto tóxico para los animales, pero sí puede ejercer un efecto antagónico sobre el contenido de Cu causando su deficiencia como se describió anteriormente. (Figura 19)

En cuanto al Al se podría afirmar que los contenidos en las plantas son bajos, aún cuando no se encuentran reportes de este elemento para ninguna planta forrajera

Figura 19. Comparación micronutrientes en las plantas



5.2.4 Resultados de la determinación de taninos.

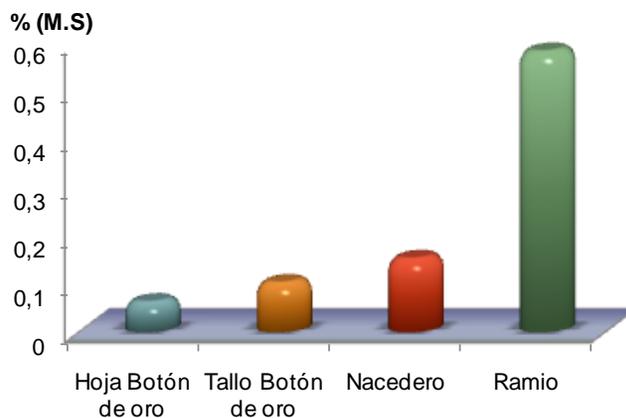
En la tabla 17 y figura 20 se detallan los resultados del contenido de taninos o factores antinutritivos.

Tabla 17. Contenido de taninos

Planta	Taninos
	%
Hoja Botón de oro	0.06
Tallo Botón de oro	0.10
Nacedero	0.15
Ramio	0.58

Se detecta diferencias significativas entre los contenidos de taninos de las plantas analizadas ($P= 0.000$ Anexo F). Con base en estudios realizados por Carulla y Pabón (2001), Fajardo (1998), McAllister *et al*, (2005), se puede deducir que los contenidos de taninos encontrados en los forrajes estudiados, no representan efectos negativos para el metabolismo de las proteínas en los rumiantes por que se detectaron niveles menores de 2%. Por el contrario, niveles inferiores a éste pueden contribuir al aumento del contenido de proteína pasante que es aprovechada directamente por el animal, destacando así esta propiedad muy importante para la calidad forrajera

Figura 20 Comparación del contenido de taninos



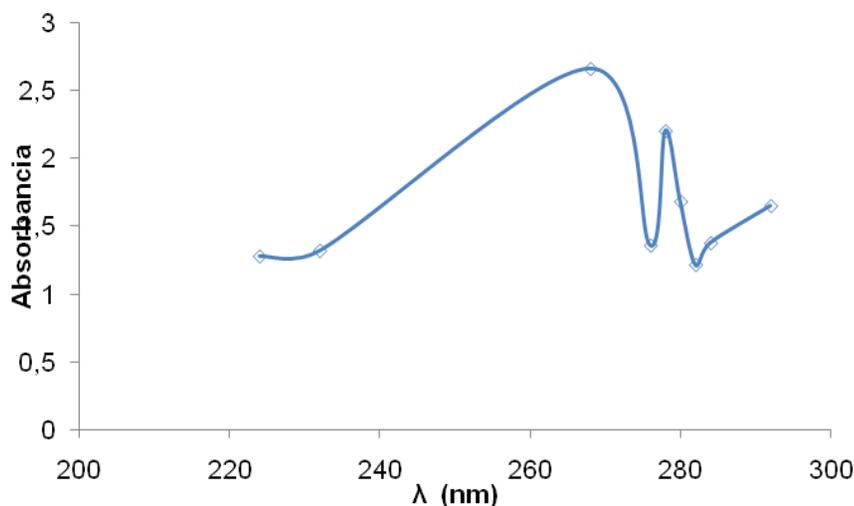
Con base en las anteriores reflexiones, no se considera necesaria la determinación de la capacidad de precipitación de proteínas por los taninos en las plantas de estudio.

5.2.5. Extracción y Purificación de la Proteína

Teniendo en cuenta que la hoja de Botón de oro presenta el mayor contenido de proteína, se extrajo la proteína de esta planta; esto se realizó con el objeto de utilizarla en el análisis de la formación y comportamiento del complejo tanino – proteína, pero dado que la concentración de taninos en estas plantas es bajo y no representa ningún efecto negativo para el metabolismo de las proteínas, no se llevó a cabo esta parte del análisis no obstante se realizó la purificación de la proteína.

El Barrido de absorción obtenido de la fracción de proteína extraída previa purificación es el siguiente:

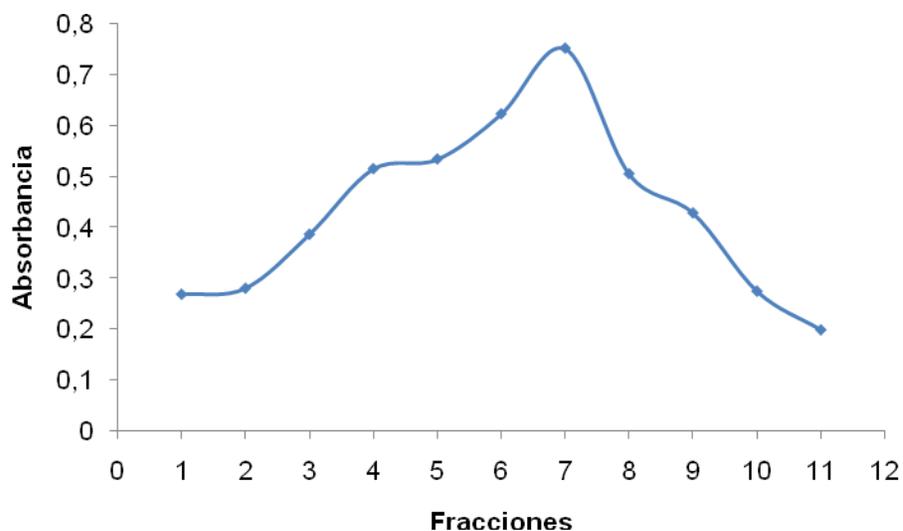
Figura 21. Barrido de absorción correspondiente a la muestra sin purificar



Se observa un pico definido a 280 nm característico para proteínas, acompañado de otro pico ancho y solapado en la zona de 225 a 275 nm que indica la presencia de otros compuestos que posiblemente generan interferencias, motivo por el cual se realiza la purificación del extracto obtenido (Figura 21).

Durante el proceso de purificación a través de la columna de Sephadex G₇₅ se obtuvo diez fracciones que presentan una absorbancia máxima a 280 nm, lo cual indica que la proteína se ha purificado; en la figura 22 se observa el comportamiento de absorbancia a 280 nm para cada una de las fracciones.

Figura 22. Comportamiento de absorbancia en las fracciones purificadas (280nm)



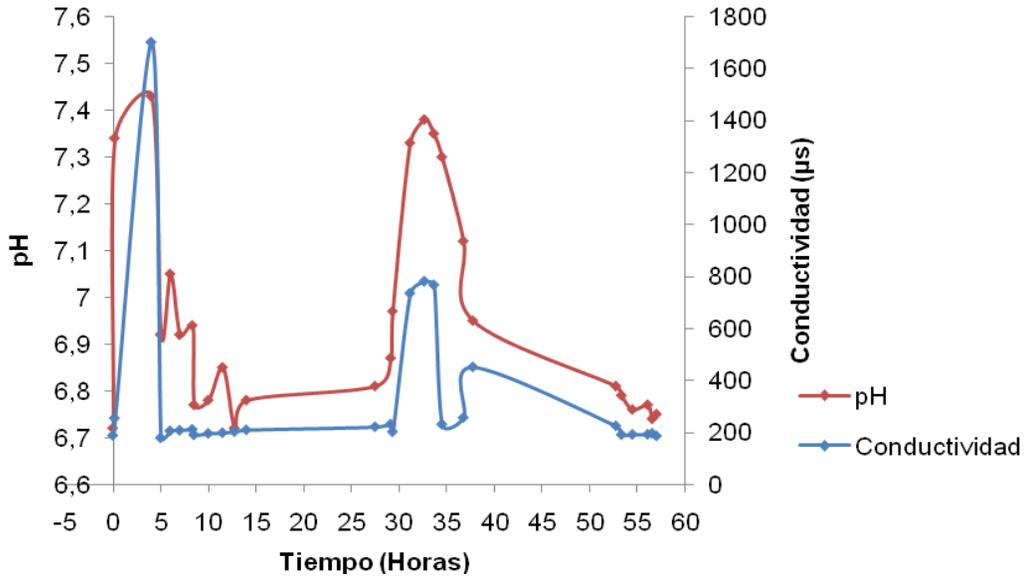
Posteriormente, se dializó, utilizando inicialmente azida de sodio y seguidamente e agua. El seguimiento de esta etapa se lleva a cabo mediante la lectura de los parámetros: conductividad y pH hasta observar valores similares a los del agua (Ver figura 23).

Inicialmente el valor del pH de la azida de sodio es de 6.72 y su conductividad es de 187.9 μs , inmediatamente después de introducir la membrana de diálisis en la solución dializante, se produce un brusco incremento de estos parámetros, dado que las sales del buffer de extracción que se encuentran en el interior de la membrana, fluyen a través de los poros en dirección de la concentración más baja, es decir hacia la solución exterior; de este modo, la proteína se va liberando de los compuestos que quedan después del proceso de purificación.

El comportamiento de los parámetros mencionados se resume en la figura 23. Los máximos y mínimos observados que además presentan tendencia decreciente, se atribuyen a los cambios continuos de las soluciones dializantes e indican la progresiva purificación de la proteína.

El proceso termina en el momento en que la conductividad y pH se estabilizan cuando toman valores cercanos a los del agua, indicando que ya no hay movimiento de las sales del interior de la membrana hacia la solución exterior.

Figura 23. Variación de pH y Conductividad en el proceso de diálisis



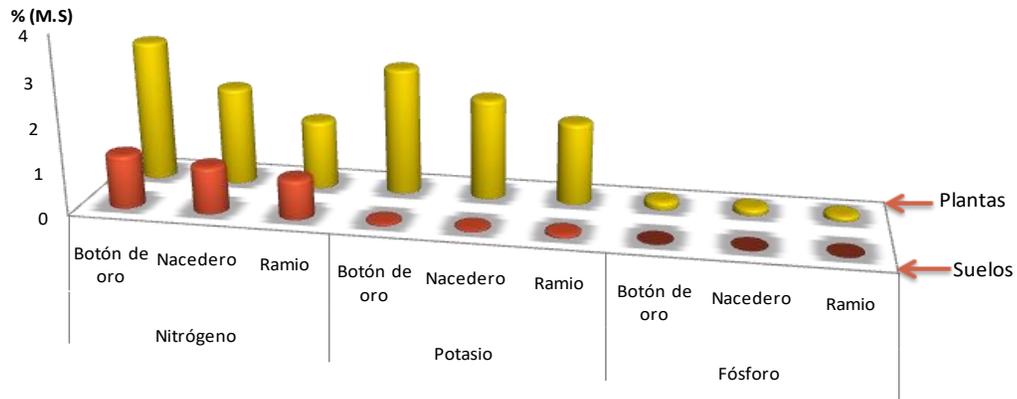
Una vez purificada la proteína se somete al proceso de liofilización con el propósito de secarla, pesarla y determinar así la cantidad extraída. Obteniendo un rendimiento del 0.62% en forraje fresco, valor cercano al obtenido por McAllister (2005) quien aplica una metodología de extracción semejante a la utilizada en este trabajo y obtiene un rendimiento de 0.67%.

En la proteína purificada se cuantifica su contenido, obteniendo un promedio de 19.05% a partir de tres réplicas (%CV= 0.28%).

5.2.6 Relación del contenido de Nutrientes del Suelo con el valor Nutritivo de las Plantas.

Haciendo una comparación del contenido nutritivo de las plantas botón de oro, nacedero y ramio, con los nutrientes de su respectivo suelo (Figura 24), se deduce que en general el contenido de cada forraje estudiado es superior al de su propio suelo indicando una absorción de nutrientes adecuada por parte de las plantas.(Ver figura 24).

Figura 24 Contenido de N, P, K en suelos y plantas



En cuanto al contenido de Hierro y Aluminio se detectan dos particularidades en los tres cultivos: el nivel de Aluminio de los suelos (10.24, 9.80 y 7.73mg/100g para BO, NA y RA) es superior al de las plantas (0.31,0.31,0.30mg/100g para BO, NA y RA) y de igual manera, el hierro de los suelos supera a las plantas para los cultivos de Botón de Oro y Nacedero (Suelos:6.06y 6.57 mg/100g, plantas: 4.31 y 4.14mg/100g).

Lo anterior se explica teniendo en cuenta que la raíz de cada planta es un órgano capaz de absorber los nutrientes disponibles en el suelo, pero con la habilidad de auto regularse y tomar solo la cantidad que necesita en cada etapa de su desarrollo, de esta forma, se protege contra los efectos tóxicos que le pueda causar un exceso de elementos como el Fe y Al en el suelo.

El efecto del pH del suelo en la disponibilidad de nutrientes para las plantas es evidente en los tres suelos analizados, observando que para el suelo del cultivo de ramio que presenta el pH más elevado (Ver figuras 25 y 26), el contenido de macro y micronutrientes aprovechables se ve favorecido puesto que se observa que este suelo es significativamente mayor que los demás en cuanto a sus contenidos de nitrógeno fósforo, calcio, magnesio, potasio, Hierro, Cobre, Manganeso y Zinc. Sin embargo, la planta cultivada en este suelo, el ramio, no presenta el mayor valor nutritivo, (Tablas 16 y 17), indicando que probablemente, la captación de nutrientes del suelo a través de la raíz, depende además del tipo de planta y sus requerimientos, tomando solamente aquellos nutrientes que necesita y que estén disponibles.

Figura 25. Efecto del pH en el contenido de Macro nutrientes de los suelos

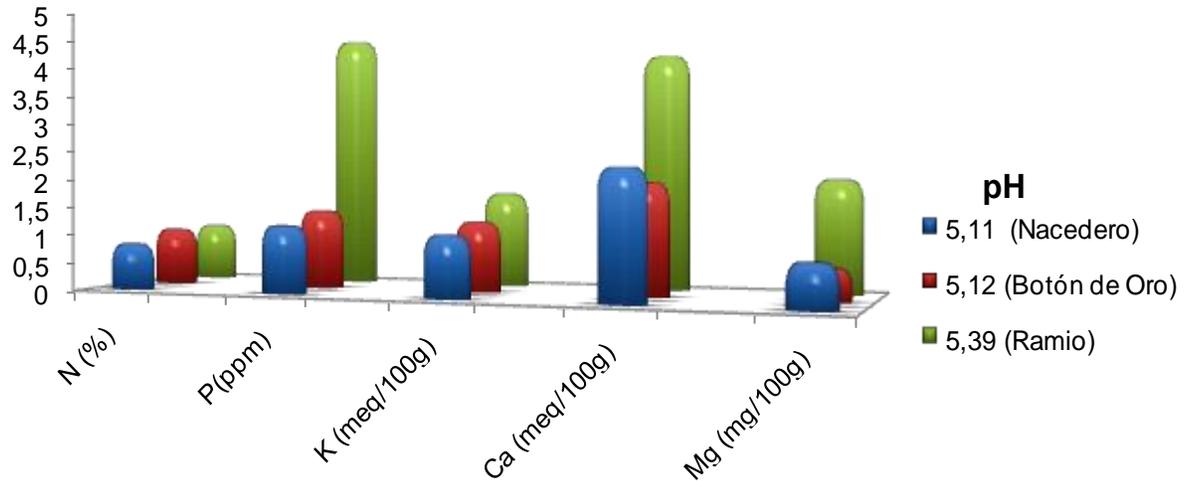
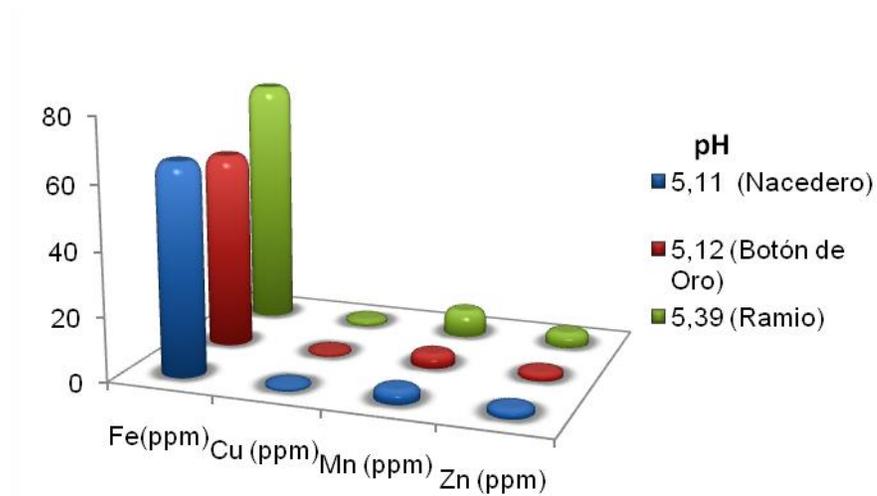


Figura 26. Representación del efecto del pH en el contenido de Micro nutrientes de los suelos.



El bajo contenido en Fósforo, Cobre y Manganeso en los tres suelos analizados, es el factor que limita el valor nutricional de estos forrajes. La fuerte deficiencia de estos nutrientes en los suelos causa en general un desequilibrio en el contenido mineral de las plantas analizadas. Las deficiencias de Cu y Mn se podrían atribuir al exceso de MO aplicado, la cual quelata fuertemente estos nutrientes volviéndolos indisponibles para las plantas. Además el exceso de Fe encontrado produce un efecto antagónico con el Cu. Igualmente ese exceso de MO acrecienta la deficiencia de P puesto que causa acidez que aumenta la capacidad de intercambio aniónico para este elemento.

Este es un aspecto que se debe mejorar con un adecuado manejo y fertilización de los suelos.

El anterior análisis indica que no es necesario agregar más abonos orgánicos a este suelo porque puede conllevar a una deficiencia marcada de muchos micronutrientes y porque puede afectar además la estabilidad del suelo, ya que se afecta su bioestructura formada por la unión entre las partículas de arcilla y los complejos orgánicos de la MO. Además puede producir efectos de anaerobiosis por exceso de liberación de CO_2 producido por una alta carga microbiana presente en estos abonos, que afectarían no a muy largo plazo el desarrollo normal de las raíces, al disminuirse recíprocamente el nivel de O_2 . Por otra parte es necesario evaluar el grado de humificación de los abonos orgánicos aplicados para comprobar su estado de madurez.

El análisis estadístico, prueba no paramétrica de U Mann - Whitney, (ANEXO J), indica diferencias significativas en el contenido de los nutrientes del suelo con respecto a los de la planta, a excepción de los parámetros Fe y N en el cultivo de ramio ($P=0.161$ y $P=0.094$, ANEXO J) Se realizó esta prueba puesto que los datos no se ajustaron a la normalidad (ANEXOS A y B). No es posible aplicar pruebas de correlaciones debido al tamaño de la muestra

5.3 ANÁLISIS DEL MATERIAL ENSILADO

Dado que el material ensilado resulta de la fermentación de las tres plantas analizadas, se estudia la influencia de este proceso fermentativo sobre la conservación de las propiedades evaluadas para las plantas, los resultados encontrados se ilustran en la tabla 18.

Tabla 18. Contenido nutritivo del material ensilado

Análisis Bromatológico (% M.S)							
Humedad	Materia seca	Cenizas	P.C	E.E	F.D.N	F.D.A	L.D.A
81.51	91.05	18.16	16.43	1.07	46.51	37.82	14.96
pH	Macro nutrientes						
	N %	P	K	Ca	Mg		
4.51	2.63	152.47	3203.69	3008.57	826.45		
Micro nutrientes				Factor anti-nutritivo			
Fe	Cu mg/100g	Mn	Zn	Taninos %			
61.83	1.64	21.77	5.41	0.16			

P.C: Proteína Cruda, E.E: Extracto etéreo, F.D.N: Fibra detergente neutro, F.D.A: Fibra detergente ácido, L.D.A: Lignina detergente ácido.

De acuerdo a Cedeño(1996), el valor de pH de 4.51, clasifica a este material como un ensilado de buena calidad, probando que el proceso fermentativo, se ha llevado a cabo de una manera adecuada.

En cuanto al contenido nutricional, se observa que no hay disminución en el contenido de ningún tipo de nutriente indicando que se ha logrado conservar apropiadamente los nutrientes del forraje, por el contrario, hay incrementos en el contenido mineral (Fe, Cu, Mn, Zn) atribuibles probablemente al proceso de mineralización de la MO y a la contribución de la melaza de caña, que aporta gran cantidad de carbohidratos como fuente de energía y variedad de micro nutrientes en menor proporción. Además, el contenido de taninos, no se ve afectado, pues continúa en un nivel mínimo, adecuado para la digestibilidad de proteína.

Otro efecto positivo en el proceso de ensilaje es la notoria disminución del contenido de lignina, que conduce al aumento proporcional de fibra digerible (FDN y FDA), siendo una solución al problema de digestibilidad que podrían presentar estos forrajes frescos.

En general, el valor nutritivo del material ensilado está en un rango adecuado, al igual que sus plantas precursoras, el contenido proteico es óptimo y la deficiencia de cobre y Mn detectada en los forrajes se está superando en este proceso.

Por tanto se espera que la producción ganadera (carne y leche) se vea beneficiada y los resultados sean mejores en animales alimentados con el material ensilado, que con las plantas frescas.

6. CONCLUSIONES

1. La fertilidad de los suelos analizados se ve afectada por la fuerte acidez atribuible al exceso de MO, que induce a marcadas deficiencias de Fósforo, cobre y manganeso, repercutiendo inevitablemente en la calidad de los forrajes. El exceso de MO no logra suplir el nivel de P necesario para un suelo fértil, pero sí aporta abundante Nitrógeno total y Potasio indicando un posible ciclaje de nutrientes. No se detecta toxicidad por Aluminio.
2. En el suelo del cultivo de Ramio, claramente se observa el efecto de un encalado reciente, puesto que con respecto a los otros suelos estudiados, es el que presenta mayor contenido de nutrientes, resultado del aumento del pH.
3. Se aprecia una acumulación progresiva de MO en estos suelos, debido a la aplicación continua de enmiendas orgánicas.
4. El Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*), Nacedero (*Trichantera gigantea*), Ramio (*Bohemeria Nivea*) y su mezcla ensilada, cultivados en la Finca Manila, presentan un apreciable valor nutritivo para las necesidades alimenticias de herbívoros. No obstante presentan deficiencias de P, Cu y Mn que se logran superar con el proceso del ensilaje.
5. Entre los forrajes analizados sobresale la hoja de Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*) por su contenido proteico y de nutrientes esenciales como Potasio, Magnesio, Manganeso y Zinc. El tallo de Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*) aporta mayor cantidad de fibra indigerible, sin embargo sobresale por su alto aporte de Potasio, siendo aprovechable en los procesos de compostaje porque representa una fuente económica y abundante de este elemento.
6. Se logró extraer y cuantificar la proteína de las hojas de botón de oro, con un porcentaje de rendimiento de 0.62%, dado que el contenido de taninos encontrado en estas plantas forrajeras es bajo, no se llevó a cabo el ensayo de precipitación de esta proteína extraída.
7. El contenido de Taninos encontrado en los forrajes es bajo, indicando que no se presentará precipitación de proteína a nivel ruminal y por el contrario, puede ofrecer efectos positivos para la digestión de la proteína.
8. En los forrajes analizados, hay una fuerte deficiencia de cobre influenciada probablemente por el efecto antagónico que ejerce el hierro en proporciones elevadas.

9. El proceso de ensilaje es una alternativa práctica y económica, útil para lograr buenos resultados en producción ganadera, porque ofrece la posibilidad de conservar los forrajes por más tiempo especialmente en tiempos de sequía y lluvias prolongadas.
10. El valor nutritivo del material ensilado aumenta considerablemente en cuanto al contenido de micro nutrientes provenientes de los forrajes analizados.
11. Se logra un aporte importante al sector agropecuario de nuestra región, porque no existen reportes de análisis de este tipo de plantas que están siendo ampliamente usadas para alimentación bobina, encontrándose un valor nutritivo apreciable, con buena palatabilidad, digestibilidad, no toxicidad por taninos, pero con deficiencias de algunos minerales. Además porque se encuentran algunas deficiencias en los suelos cultivados que pueden ser superadas con una adecuada fertilización y manejo

RECOMENDACIONES

1. Realizar experimentos *in vivo*, para garantizar completamente el efecto positivo de los taninos presentes en bajas cantidades sobre la nutrición de los rumiantes.
2. Se recomienda continuar con el estudio de otro tipo de forrajes promisorios, para ampliar los recursos forrajeros de nuestra zona, así lograr un gran aporte en la optimización de la producción agropecuaria.
3. Realizar un análisis completo con Botón de oro para observar la dinámica completa de nutrientes en la relación suelo – planta – animal.
4. Es necesario realizar el análisis del abono aplicado para conocer su estado de madurez y su aporte en materia orgánica humificada.

BIBLIOGRAFÍA

AGNUSDEI, M. Calidad nutritiva del forraje. Grupo producción y utilización de pasturas. p. 6. 2007.

BACH, A; CALSAMIGLIA, S. La fibra en los rumiantes: Química o física. Memorias de XXII curso de especialización. FEDNA. Barcelona. Octubre 2006.

BARROSO, F *et al.* Potencialidad de las especies C₄ como alimento para el ganado en repoblaciones de zonas semiáridas. En: Producciones agroganaderas. Gestión eficiente y conservacional del medio natural. Vol. 1; p. 347 – 353. Junio 2005.

BATEMAN, J. Nutrición animal. Manual de métodos analíticos. Editorial Herrero Hermanos S.A. México. 1970

BENNICK, A. Interaction of plant polyphenols with salivary proteins. En: *Crit. Rev. Oral Biol. Med.* Vol.13, No. 184. 2002.

BRAVO, I. y GIRALDO, E. Manual de prácticas de química agrícola: Análisis de suelos. Departamento de Química: Universidad del Cauca. Popayán. 2003.

BROWN, S; COOK, B; DONNELLY, J. Tropical forages: An Interactive Selection Tool. Sustainable Ecosystems (CSIRO), Department of Primary Industries and Fisheries (DPI&F Queensland), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) and International Livestock Research Institute (ILRI). 2005.

CALSAMIGLIA, S. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. Memorias XIII curso de especialización. FEDNA. Madrid. Noviembre 1997.

CARRILLO, F. y FRANCO, F. Manual de laboratorio de análisis foliares. Centro nacional de investigaciones de café. Chinchiná, Caldas, 1994.

CARULLA, J. y PABÓN, M. Un sistema *in Vitro* para evaluar los efectos de los taninos en la degradación de la proteína bajo condiciones ruminales y abomasales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2001.

CEDEÑO, G. Nutrición animal. UNISUR. Santa Fé de Bogotá. Vol. 2; p. 429 – 437. 1996.

CHAMORRO, D. Importancia de la proteína en la nutrición de rumiantes con énfasis en la utilización de proteínas de especies arbóreas. CORPOICA. 2002.

CHAMORRO, J. Consumo y valor nutritivo de los pastos. Memorias del curso pasturas tropicales. Corporación Colombiana de investigación. Medellín. Abril de 1996.

CHAVAN, U; SHAHIDI, F; NACZK, M. Extraction of condensed tannins from beach pea (*Lathyrus maritimus L*) as affected by different solvents. En: Food Chemistry. Vol.75; p. 509 – 512. 2001.

CHEVALLIER, B. Fertilización Racional en sistemas ganaderos sustentables. En: investigación y desarrollo. No. 8. Julio 2006.

DELGADO, D; González, R; GALINDO, J. Potencial of *Trichanthera gigantea* and *Morus alba* to reduce in vitro rumen methane production. En: Cuban Journal of Agricultural Science. Vol. 41, No.4; p. 319 -322. 2007.

ESCOBAR, L. Uso potencial de especies vegetales consideradas como forrajes en la alimentación de monogástricos. Tesis de grado (Licenciatura en Biología). Universidad del Cauca. Popayán, 1990.

FAJARDO, C. Estudio de la interacción *in Vitro* entre proteínas de origen vegetal y taninos. Tesis de grado (Químico). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 1998.

FASSBENDER, H. y BOHEMISZA, E. Química de Suelos con Énfasis en Suelos de América Latina. Segunda Edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José de Costa Rica, 1987.

FLORES, O *et al.* Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajero para la suplementación de rumiantes en el trópico. En: Livestock Research for rural development. Vol. 10, No. 1. Enero, 1988.

GARMENDIA, J. Los minerales en la reproducción bovina. Universidad central de Venezuela. Facultad de Ciencias veterinarias. Maracay. 2007.

GIRALDO, E. Agroquímica: Un estudio de los nutrientes esenciales en la producción agrícola. Universidad del cauca. Popayán. 2002.

GODOY, S; ALFARO, C. y CHICCO, C.. Algunas interrelaciones minerales en la nutrición de rumiantes a pastorio en las sabanas de Venezuela. En: Revista Digital CENIAP HOY. N° 12. Septiembre-diciembre 2006.

HERVAS, G. Protección de suplementos proteicos frente a la degradación ruminal: utilización de taninos. Estación Agrícola Experimental (CSIC). Apdo 788.24080-León 2001.

HOFFMAN, P; LUNDBERG, K; BAUMAN, L. Efecto de la madurez en la digestibilidad de la Fibra en detergente neutro. En: Focus on forage. Vol. 5, No. 15.

IRAIDA R. Evaluación energética y digestibilidad del Ramio (*Boehmeria nivea*) en aves. En: Rev. Fac. Agron. (LUZ). 14: 517-523. 1997.

JAMA, B *et al.* Tithonia diversifolia as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya Agroforestry Systems. Vol. 49; p. 201–221. 2000.

JIMÉNEZ, F. Actualización en fertilización de cultivos y uso de fertilizantes. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Comité regional de Cundinamarca y Boyacá. Bogotá D.C. Colombia. p. 131. 2008.

LASCANO, C. Oportunidades y retos en la utilización de leguminosas arbustivas como forraje suplementario en sistemas de doble propósito. En: Curso Internacional Palmira. Memorias. Palmira, 1996.

LASSER, T.. El cultivo del ramio para la producción de fibras y como forraje. En: Revista Pecuaria. 24(256):9-11. 1956

LATORRE, S; CALDERÓN, ARAQUE. Evaluación fisiológica y nutricional del efecto de los taninos en los principales sorgos graníferos (*sorghum bicolor* (L) moench) cultivados en Colombia. CORPOICA. Bucaramanga. Julio 1998.

MAKKAR, H. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and estrategias to overcome detrimental effects of feeding tannin - rich feeds. En: Small Ruminant Research. Vol. 49 ;p. 241-256. 2003.

McALLISTER, T. A *et al.* Characterization of condensed tannins purified from legume forages: Protein precipitation and inhibitory effects on cellulose digestion. On: Journal of chemical ecology. Vol. 31, No. 9 (September 2005); p. 2049 – 2068.

MORENO MURILLO, B. Algunos métodos y técnicas espectroscópicas aplicables en el análisis químico y estructural de taninos vegetales. Bogotá, 2001. Universidad Nacional de Colombia.

MOYEJA, J. Nutrición Vegetal. Instituto de investigaciones agropecuarias. Mérida Venezuela. 2008

MUÑOZ, R. Toma de muestra de tejidos vegetales para análisis químico. En: Pasturas tropicales. Medellín, 1996.

MURGUEITIO, E. y GÓMEZ, M. Árboles utilizados en alimentación animal como fuente proteica: Matarratón, Nacedero, Pizamo y Botón de Oro. Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria. Cali, 2002.

NAVA, C; DÍAZ, C. Introducción a la digestión ruminal. Facultad de medicina Veterinaria y Zootecnia. Junio de 2001.

OLABODE, O; SOLA, O; AKANBI, W. Evaluation of *Tithonia diversifolia* (Hemsl). A gray for soil improvement. En: World Journal of agricultural sciences. 3(4):503 – 507. 2007.

PALLADINO, A; WAWRZKIEWICZ, M; BARGO, F. La fibra. En: Revista infortambo. No. 202 (2006); p. 82 – 84.

PIZARRO, E. Especies arbustivas, gramíneas y leguminosas para el trópico americano. En: IX seminario de pastos y forrajes. Memorias. Paraná. Universidad de Paraná, 2005.

PORRAS, D. y ROMERO, L. Morfología sobre el cultivo del ramio. (Mimeo). Universidad Francisco de Paula Santander. Escuela de Tecnología Agropecuaria. Cúcuta. Colombia, 1985. p. 38.

RAZZ, R y CLAVERO, T. Producción de leche en vacas suplementadas con harina de *Gliricidia sepium*. En: Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. Vol 5, 1997; p. 127-128.

SALAZAR, R. P. El ramio en la alimentación caprina. Comité Caprino de Santander, 1984. p. 1-41

SANCHEZ, J; VARGAS, E. y CAMPABADAL, C. Composición mineral y de proteína cruda de los forrajes en los distritos de Venecia, Pital y Aguas zarcas cantón de san Carlos. En: Agronomía costarricense. Vol. 11, No. 1 (1987); p. 25-31.

SANDOVAL CENTENO, B. Características Agronómicas y Nutricionales de Asociaciones de Gramíneas y Leguminosas Tropicales. Puerto Rico. Universidad de Puerto Rico, 2007.

SCHUNKE, R. Interacoes entre a adubacao de pastagens e a suplementacao mineral de bovinos. EMBRAMPA. Dizembro. 2001.

SILVA, F. Fundamentos para la interpretaci3n de an3lisis de suelos, plantas y aguas para riego. Sociedad Colombiana De La Ciencia Del Suelo. Tercera edici3n. Santa f3 de Bogot3, 2000.

SQIBB, R; MENDEZ, J y GUZMAN, L. Ramio, forraje nitrogenado para el tr3pico. En: La Hacienda. 53: 41-42. 1985.

TAMAYO V3LEZ, A. Los 3rboles leguminosos y su Valor nutritivo en la alimentaci3n animal. En: Pasturas tropicales, corporaci3n colombiana de investigaci3n. Medell3n, 1996.

VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. London: Cornell University Press, 1994

ANEXOS

ANEXO A

Prueba de normalidad de SHAPIRO WILK en plantas

Parámetros	Muestra de Plantas	Estadístico	gl	Sig.
Humedad de campo (%)	Hojas Botón de Oro	,962	9	,818
	Tallo Botón de Oro	,980	9	,962
	Hoja Nacedero	,920	9	,390
	Ramio	,943	9	,611
Humedad higroscópica (%)	Hojas Botón de Oro	,979	9	,959
	Tallo Botón de Oro	,813	9	,029
	Hoja Nacedero	,908	9	,299
	Ramio	,913	9	,336
MS (%)	Hojas Botón de Oro	,979	9	,959
	Tallo Botón de Oro	,813	9	,029
	Hoja Nacedero	,908	9	,299
	Ramio	,913	9	,336
Cenizas (%)	Hojas Botón de Oro	,973	9	,921
	Tallo Botón de Oro	,914	9	,345
	Hoja Nacedero	,812	9	,028
	Ramio	,989	9	,995
P (mg/100g)	Hojas Botón de Oro	,966	9	,860
	Tallo Botón de Oro	,787	9	,015
	Hoja Nacedero	,933	9	,514
	Ramio	,880	9	,157
Nitrógeno (%)	Hojas Botón de Oro	,887	9	,188
	Tallo Botón de Oro	,953	9	,721
	Hoja Nacedero	,923	9	,416
	Ramio	,753	9	,006
Proteína (%)	Hojas Botón de Oro	,891	9	,202
	Tallo Botón de Oro	,955	9	,745
	Hoja Nacedero	,925	9	,433
	Ramio	,752	9	,006
Extracto Etéreo (%)	Hojas Botón de Oro	,904	9	,277
	Tallo Botón de Oro	,954	9	,738
	Hoja Nacedero	,959	9	,789
	Ramio	,945	9	,636
FDA (%)	Hojas Botón de Oro	,863	9	,104
	Tallo Botón de Oro	,932	9	,500
	Hoja Nacedero	,891	9	,203
	Ramio	,924	9	,424
FDN (%)	Hojas Botón de Oro	,885	9	,177
	Tallo Botón de Oro	,885	9	,175
	Hoja Nacedero	,924	9	,424

	Ramio	,919	9	,384
LDA (%)	Hojas Botón de Oro	,935	9	,534
	Tallo Botón de Oro	,893	9	,216
	Hoja Nacedero	,863	9	,104
	Ramio	,937	9	,552
Ca (mg/100g)	Hojas Botón de Oro	,903	9	,270
	Tallo Botón de Oro	,904	9	,276
	Hoja Nacedero	,955	9	,749
	Ramio	,966	9	,859
Mg (mg/100g)	Hojas Botón de Oro	,840	9	,057
	Tallo Botón de Oro	,756	9	,006
	Hoja Nacedero	,919	9	,381
	Ramio	,908	9	,305
K (mg/100g)	Hojas Botón de Oro	,971	9	,902
	Tallo Botón de Oro	,903	9	,272
	Hoja Nacedero	,922	9	,405
	Ramio	,896	9	,232
Fe (mg/100g)	Hojas Botón de Oro	,931	9	,493
	Tallo Botón de Oro	,940	9	,583
	Hoja Nacedero	,939	9	,576
	Ramio	,889	9	,194
Cu (mg/100g)	Hojas Botón de Oro	,922	9	,412
	Tallo Botón de Oro	,904	9	,279
	Hoja Nacedero	,876	9	,144
	Ramio	,785	9	,014
Mn (mg/100g)	Hojas Botón de Oro	,904	9	,278
	Tallo Botón de Oro	,854	9	,083
	Hoja Nacedero	,898	9	,243
	Ramio	,811	9	,027
Zn (mg/100g)	Hojas Botón de Oro	,802	9	,022
	Tallo Botón de Oro	,881	9	,159
	Hoja Nacedero	,856	9	,087
	Ramio	,782	9	,013
Al (mg/100g)	Hojas Botón de Oro	,918	9	,378
	Tallo Botón de Oro	,965	9	,849
	Hoja Nacedero	,983	9	,977
	Ramio	,901	9	,258
Taninos %	Hojas Botón de Oro	,794	9	,017
	Tallo Botón de Oro	,975	9	,932
	Hoja Nacedero	,922	9	,413
	Ramio	,922	9	,408

ANEXO B

Prueba de normalidad de SHAPIRO WILK en suelos

Parámetros	Muestras de Suelos	Estadístico	gl	Sig.
Humedad de campo (%)	Botón de oro	,601	18	,000
	Nacedero	,814	9	,030
	Ramio	,815	9	,030
Humedad higroscópica (%)	Botón de Oro	,655	18	,000
	Nacedero	,699	9	,001
	Ramio	,725	9	,003
pH	Botón de Oro	,685	18	,000
	Nacedero	,823	9	,037
	Ramio	,770	9	,009
C (%)	Botón de Oro	,784	18	,001
	Nacedero	,823	9	,037
	Ramio	,634	9	,000
MO (%)	Botón de Oro	,782	18	,001
	Nacedero	,823	9	,037
	Ramio	,632	9	,000
N (%)	Botón de Oro	,706	18	,000
	Nacedero	,760	9	,007
	Ramio	,617	9	,000
C/N	Botón de Oro	,734	18	,000
	Nacedero	,687	9	,001
	Ramio	,823	9	,037
P (mg/kg)	Botón de Oro	,632	18	,000
	Nacedero	,648	9	,000
	Ramio	,791	9	,016
CIC (meq/100g)	Botón de Oro	,798	18	,001
	Nacedero	,816	9	,031
	Ramio	,696	9	,001
Acidez (meq/100g)	Botón de Oro	,601	18	,000
	Nacedero	,668	9	,001
	Ramio	,617	9	,000
Al (meq/100g)	Botón de Oro	,601	18	,000
	Nacedero	,617	9	,000
	Ramio	,617	9	,000
Ca (meq/100g)	Botón de Oro	,801	18	,002
	Nacedero	,794	9	,017
	Ramio	,804	9	,023
Mg (meq/100g)	Botón de Oro	,715	18	,000
	Nacedero	,812	9	,028

	Ramio	,794	9	,017
Ca/Mg	Botón de Oro	,675	18	,000
	Nacedero	,701	9	,001
	Ramio	,760	9	,007
(Ca+Mg)/K	Botón de Oro	,710	18	,000
	Nacedero	,709	9	,002
	Ramio	,660	9	,000
Na (meq/100g)	Botón de Oro	,601	18	,000
	Nacedero	,617	9	,000
	Ramio	,812	9	,028
K (meq/100g)	Botón de Oro	,667	18	,000
	Nacedero	,823	9	,037
	Ramio	,617	9	,000
Fe (mg/kg)	Botón de Oro	,726	18	,000
	Nacedero	,655	9	,000
	Ramio	,822	9	,036
Cu (mg/kg)	Botón de Oro	,628	18	,000
	Nacedero	,822	9	,037
	Ramio	,812	9	,028
Mn (mg/kg)	Botón de Oro	,772	18	,001
	Nacedero	,781	9	,012
	Ramio	,762	9	,008
Zn (mg/kg)	Botón de Oro	,801	18	,002
	Nacedero	,644	9	,000
	Ramio	,669	9	,001

ANEXO C

Análisis de Varianza ANOVA para variables con distribución normal (Plantas)

Variables		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Extracto Etéreo (%)	Inter-grupos	3,793	3	1,264	54,326	,000
	Intra-grupos	,745	32	,023		
	Total	4,538	35			
FDA (%)	Inter-grupos	601,956	3	200,652	24,686	,000
	Intra-grupos	260,105	32	8,128		
	Total	862,061	35			
FDN (%)	Inter-grupos	647,266	3	215,755	17,456	,000
	Intra-grupos	395,516	32	12,360		
	Total	1042,782	35			
LDA (%)	Inter-grupos	76,285	3	25,428	7,604	,001
	Intra-grupos	107,008	32	3,344		
	Total	183,293	35			
Ca (mg/100g)	Inter-grupos	14025174,481	3	4675058,160	198,446	,000
	Intra-grupos	753868,199	32	23558,381		
	Total	14779042,681	35			
K (mg/100g)	Inter-grupos	37377151,296	3	12459050,432	190,155	,000
	Intra-grupos	2096653,286	32	65520,415		
	Total	39473804,582	35			
Fe (mg/100g)	Inter-grupos	221,687	3	73,896	129,433	,000
	Intra-grupos	18,269	32	,571		
	Total	239,956	35			
Al (mg/100g)	Inter-grupos	,043	3	,014	12,710	,000
	Intra-grupos	,036	32	,001		
	Total	,079	35			

ANEXO D

Prueba de homogeneidad de Varianzas (plantas)

Variables		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
MS (%)	Basándose en la media	14,915	3	32	,000
	Basándose en la mediana.	5,116	3	32	,005
	Basándose en la mediana y con gl corregido	5,116	3	12,441	,016
	Basándose en la media recortada	14,134	3	32	,000
Cenizas (%)	Basándose en la media	4,816	3	32	,007
	Basándose en la mediana.	2,355	3	32	,090
	Basándose en la mediana y con gl corregido	2,355	3	22,394	,099
	Basándose en la media recortada	4,710	3	32	,008
P (mg/100g)	Basándose en la media	2,820	3	32	,055
	Basándose en la mediana.	,522	3	32	,670
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,522	3	17,573	,673
	Basándose en la media recortada	2,584	3	32	,070
Nitrógeno (%)	Basándose en la media	10,176	3	32	,000
	Basándose en la mediana.	2,168	3	32	,111
	Basándose en la mediana y con gl corregido	2,168	3	15,983	,132
	Basándose en la media recortada	9,479	3	32	,000
Proteína (%)	Basándose en la media	10,329	3	32	,000
	Basándose en la mediana.	2,175	3	32	,110
	Basándose en la mediana y con gl corregido	2,175	3	15,851	,131
	Basándose en la media recortada	9,556	3	32	,000

Grasa (%)	Basándose en la media	3,273	3	32	,034
	Basándose en la mediana.	2,972	3	32	,046
	Basándose en la mediana y con gl corregido	2,972	3	26,564	,050
	Basándose en la media recortada	3,240	3	32	,035
FDA (%)	Basándose en la media	4,300	3	32	,012
	Basándose en la mediana.	2,528	3	32	,075
	Basándose en la mediana y con gl corregido	2,528	3	23,172	,082
	Basándose en la media recortada	4,267	3	32	,012
FDN (%)	Basándose en la media	4,558	3	32	,009
	Basándose en la mediana.	2,496	3	32	,078
	Basándose en la mediana y con gl corregido	2,496	3	24,855	,083
	Basándose en la media recortada	4,532	3	32	,009
LDA (%)	Basándose en la media	6,391	3	32	,002
	Basándose en la mediana.	2,615	3	32	,068
	Basándose en la mediana y con gl corregido	2,615	3	18,510	,082
	Basándose en la media recortada	6,272	3	32	,002
Ca (mg/100g)	Basándose en la media	4,766	3	32	,007
	Basándose en la mediana.	3,642	3	32	,023
	Basándose en la mediana y con gl corregido	3,642	3	14,306	,039
	Basándose en la media recortada	4,816	3	32	,007
Mg (mg/100g)	Basándose en la media	7,702	3	32	,001
	Basándose en la mediana.	2,233	3	32	,103
	Basándose en la mediana y con gl corregido	2,233	3	22,022	,113
	Basándose en la media recortada	7,342	3	32	,001

K (mg/100g)	Basándose en la media	3,985	3	32	,016
	Basándose en la mediana.	2,305	3	32	,096
	Basándose en la mediana y con gl corregido	2,305	3	18,996	,109
	Basándose en la media recortada	3,892	3	32	,018
Fe (mg/100g)	Basándose en la media	31,340	3	32	,000
	Basándose en la mediana.	12,884	3	32	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	12,884	3	10,792	,001
	Basándose en la media recortada	31,349	3	32	,000
Cu (mg/100g)	Basándose en la media	11,136	3	32	,000
	Basándose en la mediana.	2,133	3	32	,115
	Basándose en la mediana y con gl corregido	2,133	3	12,547	,147
	Basándose en la media recortada	9,750	3	32	,000
Mn (mg/100g)	Basándose en la media	15,698	3	32	,000
	Basándose en la mediana.	9,345	3	32	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	9,345	3	9,613	,003
	Basándose en la media recortada	15,392	3	32	,000
Zn (mg/100g)	Basándose en la media	10,996	3	32	,000
	Basándose en la mediana.	1,856	3	32	,157
	Basándose en la mediana y con gl corregido	1,856	3	13,153	,186
	Basándose en la media recortada	9,412	3	32	,000
Al (mg/100g)	Basándose en la media	,711	3	32	,553
	Basándose en la mediana.	,524	3	32	,669
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,524	3	29,332	,669
	Basándose en la media recortada	,709	3	32	,554
Taninos %	Basándose en la media	13,547	3	32	,000

Basándose en la mediana.	8,644	3	32	,000
Basándose en la mediana y con gl corregido	8,644	3	11,682	,003
Basándose en la media recortada	13,358	3	32	,000

ANEXO E

Prueba T3 de Dunnet para comparaciones múltiples (plantas)

Variable dependiente	(I) Muestra	(J) Muestra	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
MS (%)	Hojas Botón de Oro	Tallo Botón de Oro	,9278	1,07705	,935	-2,6532	4,5088
		Hoja Nacadero	-,4133	,56303	,968	-2,2323	1,4056
		Ramio	-4,7422(*)	,31613	,000	-5,7036	-3,7808
	Tallo Botón de Oro	Hojas Botón de Oro	-,9278	1,07705	,935	-4,5088	2,6532
		Hoja Nacadero	-1,3411	1,19207	,826	-5,0385	2,3563
		Ramio	-5,6700(*)	1,09725	,003	-9,2586	-2,0814
	Hoja Nacadero	Hojas Botón de Oro	,4133	,56303	,968	-1,4056	2,2323
		Tallo Botón de Oro	1,3411	1,19207	,826	-2,3563	5,0385
		Ramio	-4,3289(*)	,60077	,000	-6,1945	-2,4632
	Ramio	Hojas Botón de Oro	4,7422(*)	,31613	,000	3,7808	5,7036
		Tallo Botón de Oro	5,6700(*)	1,09725	,003	2,0814	9,2586
		Hoja Nacadero	4,3289(*)	,60077	,000	2,4632	6,1945
Cenizas (%)	Hojas Botón de Oro	Tallo Botón de Oro	-,8322	,51156	,522	-2,4679	,8035
		Hoja Nacadero	-2,5322(*)	,58310	,009	-4,4164	-,6480
		Ramio	,3078	,37223	,948	-,8427	1,4582
	Tallo Botón de Oro	Hojas Botón de Oro	,8322	,51156	,522	-,8035	2,4679
		Hoja Nacadero	-1,7000	,73617	,178	-3,8917	,4917
		Ramio	1,1400	,58353	,326	-,6209	2,9009
	Hoja Nacadero	Hojas Botón de Oro	2,5322(*)	,58310	,009	,6480	4,4164
		Tallo Botón de Oro	1,7000	,73617	,178	-,4917	3,8917
		Ramio	2,8400(*)	,64716	,004	,8626	4,8174
	Ramio	Hojas Botón de Oro	-,3078	,37223	,948	-1,4582	,8427
		Tallo Botón de Oro	-1,1400	,58353	,326	-2,9009	,6209
		Hoja Nacadero	-2,8400(*)	,64716	,004	-4,8174	-,8626
P (mg/100g)	Hojas Botón de Oro	Tallo Botón de Oro	79,5100(*)	6,53136	,000	59,5481	99,4719
		Hoja Nacadero	24,7456(*)	4,74874	,001	10,6436	38,8475
		Ramio	61,1456(*)	4,96787	,000	46,3732	75,9180
	Tallo Botón de Oro	Hojas Botón de Oro	-79,5100(*)	6,53136	,000	-99,4719	-59,5481
		Hoja Nacadero	-54,7644(*)	6,56946	,000	-74,8023	-34,7266
		Ramio	-18,3644	6,72955	,087	-38,7400	2,0111
	Hoja Nacadero	Hojas Botón de Oro	-24,7456(*)	4,74874	,001	-38,8475	-10,6436
		Tallo Botón de Oro	54,7644(*)	6,56946	,000	34,7266	74,8023
		Ramio	36,4000(*)	5,01784	,000	21,4867	51,3133
	Ramio	Hojas Botón de Oro	-61,1456(*)	4,96787	,000	-75,9180	-46,3732
		Tallo Botón de Oro	18,3644	6,72955	,087	-2,0111	38,7400
		Hoja Nacadero	-36,4000(*)	5,01784	,000	-51,3133	-21,4867
Nitrógeno (%)	Hojas Botón de Oro	Tallo Botón de Oro	2,5156(*)	,08995	,000	2,2299	2,8012
		Hoja Nacadero	,9622(*)	,10195	,000	,6548	1,2696
		Ramio	1,6144(*)	,16178	,000	1,1211	2,1077

	Tallo Botón de Oro	Hojas Botón de Oro	-2,5156(*)	,08995	,000	-2,8012	-2,2299
		Hoja Nacadero	-1,5533(*)	,06664	,000	-1,7579	-1,3488
		Ramio	-,9011(*)	,14219	,001	-1,3676	-,4346
	Hoja Nacadero	Hojas Botón de Oro	-,9622(*)	,10195	,000	-1,2696	-,6548
		Tallo Botón de Oro	1,5533(*)	,06664	,000	1,3488	1,7579
		Ramio	,6522(*)	,15007	,007	,1786	1,1258
	Ramio	Hojas Botón de Oro	-1,6144(*)	,16178	,000	-2,1077	-1,1211
		Tallo Botón de Oro	,9011(*)	,14219	,001	,4346	1,3676
		Hoja Nacadero	-,6522(*)	,15007	,007	-1,1258	-,1786
Proteína (%)	Hojas Botón de Oro	Tallo Botón de Oro	15,7178(*)	,55972	,000	13,9372	17,4984
		Hoja Nacadero	6,0156(*)	,63866	,000	4,0918	7,9393
		Ramio	10,0856(*)	1,01189	,000	6,9991	13,1720
	Tallo Botón de Oro	Hojas Botón de Oro	-15,7178(*)	,55972	,000	-17,4984	-13,9372
		Hoja Nacadero	-9,7022(*)	,41778	,000	-10,9887	-8,4157
		Ramio	-5,6322(*)	,88914	,001	-8,5522	-2,7123
	Hoja Nacadero	Hojas Botón de Oro	-6,0156(*)	,63866	,000	-7,9393	-4,0918
		Tallo Botón de Oro	9,7022(*)	,41778	,000	8,4157	10,9887
		Ramio	4,0700(*)	,94083	,007	1,1033	7,0367
	Ramio	Hojas Botón de Oro	-10,0856(*)	1,01189	,000	-13,1720	-6,9991
		Tallo Botón de Oro	5,6322(*)	,88914	,001	2,7123	8,5522
		Hoja Nacadero	-4,0700(*)	,94083	,007	-7,0367	-1,1033
Grasa (%)	Hojas Botón de Oro	Tallo Botón de Oro	,3011(*)	,05205	,000	,1412	,4611
		Hoja Nacadero	-,5989(*)	,07327	,000	-,8327	-,3651
		Ramio	-,1467	,05958	,154	-,3328	,0394
	Tallo Botón de Oro	Hojas Botón de Oro	-,3011(*)	,05205	,000	-,4611	-,1412
		Hoja Nacadero	-,9000(*)	,08243	,000	-1,1494	-,6506
		Ramio	-,4478(*)	,07054	,000	-,6580	-,2376
	Hoja Nacadero	Hojas Botón de Oro	,5989(*)	,07327	,000	,3651	,8327
		Tallo Botón de Oro	,9000(*)	,08243	,000	,6506	1,1494
		Ramio	,4522(*)	,08738	,001	,1909	,7135
	Ramio	Hojas Botón de Oro	,1467	,05958	,154	-,0394	,3328
		Tallo Botón de Oro	,4478(*)	,07054	,000	,2376	,6580
		Hoja Nacadero	-,4522(*)	,08738	,001	-,7135	-,1909
FDA (%)	Hojas Botón de Oro	Tallo Botón de Oro	-10,8356(*)	1,65204	,000	-15,7442	-5,9269
		Hoja Nacadero	-3,4944	1,28740	,109	-7,6041	,6152
		Ramio	-7,5367(*)	1,46565	,001	-11,9591	-3,1142
	Tallo Botón de Oro	Hojas Botón de Oro	10,8356(*)	1,65204	,000	5,9269	15,7442
		Hoja Nacadero	7,3411(*)	1,21014	,001	3,5006	11,1816
		Ramio	3,2989	1,39828	,166	-,8987	7,4965
	Hoja Nacadero	Hojas Botón de Oro	3,4944	1,28740	,109	-,6152	7,6041
		Tallo Botón de Oro	-7,3411(*)	1,21014	,001	-11,1816	-3,5006
		Ramio	-4,0422(*)	,93985	,006	-6,9417	-1,1428
	Ramio	Hojas Botón de Oro	7,5367(*)	1,46565	,001	3,1142	11,9591
		Tallo Botón de Oro	-3,2989	1,39828	,166	-7,4965	,8987
		Hoja Nacadero	4,0422(*)	,93985	,006	1,1428	6,9417
FDN (%)	Hojas Botón de Oro	Tallo Botón de Oro	-11,1756(*)	1,75888	,000	-16,7419	-5,6092
		Hoja Nacadero	-1,8189	1,43798	,746	-6,2677	2,6299
		Ramio	-4,2767(*)	1,09967	,008	-7,5725	-,9808

		Hojas Botón de Oro	11,1756(*)	1,75888	,000	5,6092	16,7419
	Tallo	Botón de Oro					
		Hoja Nacadero	9,3567(*)	2,06978	,002	3,1670	15,5463
		Ramio	6,8989(*)	1,85081	,016	1,1934	12,6044
	Hoja Nacadero	Hojas Botón de Oro	1,8189	1,43798	,746	-2,6299	6,2677
		Tallo Botón de Oro	-9,3567(*)	2,06978	,002	-15,5463	-3,1670
		Ramio	-2,4578	1,54907	,538	-7,1309	2,2153
	Ramio	Hojas Botón de Oro	4,2767(*)	1,09967	,008	,9808	7,5725
		Tallo Botón de Oro	-6,8989(*)	1,85081	,016	-12,6044	-1,1934
		Hoja Nacadero	2,4578	1,54907	,538	-2,2153	7,1309
LDA (%)	Hojas Botón de Oro	Tallo Botón de Oro	-2,3478(*)	,47735	,001	-3,7683	-,9272
		Hoja Nacadero	1,7533	,93702	,382	-1,2065	4,7132
		Ramio	-,2989	,79912	,999	-2,7784	2,1806
	Tallo Botón de Oro	Hojas Botón de Oro	2,3478(*)	,47735	,001	,9272	3,7683
		Hoja Nacadero	4,1011(*)	,92067	,007	1,1599	7,0423
		Ramio	2,0489	,77988	,119	-,4016	4,4994
	Hoja Nacadero	Hojas Botón de Oro	-1,7533	,93702	,382	-4,7132	1,2065
		Tallo Botón de Oro	-4,1011(*)	,92067	,007	-7,0423	-1,1599
		Ramio	-2,0522	1,12177	,388	-5,3981	1,2937
	Ramio	Hojas Botón de Oro	,2989	,79912	,999	-2,1806	2,7784
		Tallo Botón de Oro	-2,0489	,77988	,119	-4,4994	,4016
			Hoja Nacadero	2,0522	1,12177	,388	-1,2937
Ca (mg/100g)	Hojas Botón de Oro	Tallo Botón de Oro	889,0933(*)	29,59683	,000	797,2637	980,9229
		Hoja Nacadero	-811,3111(*)	85,56572	,000	-1086,94	-535,678
		Ramio	-359,9167(*)	60,58462	,000	-548,569	-171,264
	Tallo Botón de Oro	Hojas Botón de Oro	-889,0933(*)	29,59683	,000	-980,922	-797,263
		Hoja Nacadero	-1700,404(*)	82,46148	,000	-1974,32	-1426,48
		Ramio	-1249,010(*)	56,11505	,000	-1432,82	-1065,19
	Hoja Nacadero	Hojas Botón de Oro	811,3111(*)	85,56572	,000	535,6785	1086,943
		Tallo Botón de Oro	1700,4044(*)	82,46148	,000	1426,484	1974,324
		Ramio	451,3944(*)	97,95111	,002	155,2903	747,4986
	Ramio	Hojas Botón de Oro	359,9167(*)	60,58462	,000	171,2641	548,5693
		Tallo Botón de Oro	1249,0100(*)	56,11505	,000	1065,198	1432,821
			Hoja Nacadero	-451,3944(*)	97,95111	,002	-747,498
Mg (mg/100g)	Hojas Botón de Oro	Tallo Botón de Oro	103,6411(*)	16,43356	,000	52,2133	155,0690
		Hoja Nacadero	-152,1333(*)	19,30854	,000	-	-94,5264
		Ramio	38,9444	16,05561	,169	209,7403	89,8753
	Tallo Botón de Oro	Hojas Botón de Oro	-103,6411(*)	16,43356	,000	155,0690	-52,2133
		Hoja Nacadero	-255,7744(*)	14,03837	,000	-	-
		Ramio	-64,6967(*)	9,05754	,000	298,8857	212,6632
	Hoja Nacadero	Hojas Botón de Oro	152,1333(*)	19,30854	,000	94,5264	209,7403
		Tallo Botón de Oro	255,7744(*)	14,03837	,000	212,6632	298,8857
		Ramio	191,0778(*)	13,59400	,000	148,7265	233,4291
	Ramio	Hojas Botón de Oro	-38,9444	16,05561	,169	-89,8753	11,9864
		Tallo Botón de Oro	64,6967(*)	9,05754	,000	37,7265	91,6668
			Hoja Nacadero	-191,0778(*)	13,59400	,000	-
						233,4291	148,7265

K (mg/100g)	Hojas Botón de Oro	Tallo Botón de Oro	-1666,522(*)	135,1342	,000	-2071,50	-1261,54
		Hoja Nacedero	585,1656(*)	128,9724	,002	200,2590	970,0721
		Ramio	1017,0233(*)	86,59451	,000	740,2221	1293,824
	Tallo Botón de Oro	Hojas Botón de Oro	1666,5222(*)	135,1342	,000	1261,542	2071,502
		Hoja Nacedero	2251,6878(*)	147,0427 7	,000	1814,748 3	2688,627 3
		Ramio	2683,5456(*)	111,7420 4	,000	2319,572 9	3047,518 2
	Hoja Nacedero	Hojas Botón de Oro	-585,1656(*)	128,9724 8	,002	-	-
		Tallo Botón de Oro	-	147,0427 7	,000	970,0721	200,2590
		Ramio	2251,6878(*)	104,2061 0	,012	2688,627 3	1814,748 3
	Ramio	Hojas Botón de Oro	-	86,59451	,000	-	-
		Tallo Botón de Oro	1017,0233(*)	111,7420 4	,000	1293,824 6	740,2221
		Hoja Nacedero	-431,8578(*)	104,2061 0	,012	3047,518 2	2319,572 9
Fe (mg/100g)	Hojas Botón de Oro	Tallo Botón de Oro	2,1599(*)	,12887	,000	1,7758	2,5440
		Hoja Nacedero	,1699	,14633	,809	-2,2651	,6049
		Ramio	-4,6082(*)	,48494	,000	-6,2075	-3,0089
	Tallo Botón de Oro	Hojas Botón de Oro	-2,1599(*)	,12887	,000	-2,5440	-1,7758
		Hoja Nacedero	-1,9900(*)	,13629	,000	-2,3981	-1,5819
		Ramio	-6,7681(*)	,48200	,000	-8,3665	-5,1697
	Hoja Nacedero	Hojas Botón de Oro	-,1699	,14633	,809	-6,049	,2651
		Tallo Botón de Oro	1,9900(*)	,13629	,000	1,5819	2,3981
		Ramio	-4,7781(*)	,48696	,000	-6,3782	-3,1780
	Ramio	Hojas Botón de Oro	4,6082(*)	,48494	,000	3,0089	6,2075
		Tallo Botón de Oro	6,7681(*)	,48200	,000	5,1697	8,3665
		Hoja Nacedero	4,7781(*)	,48696	,000	3,1780	6,3782
Cu (mg/100g)	Hojas Botón de Oro	Tallo Botón de Oro	,1144(*)	,02165	,002	,0461	,1828
		Hoja Nacedero	-,2733(*)	,02678	,000	-,3530	-,1937
		Ramio	,1667(*)	,04547	,019	,0252	,3081
	Tallo Botón de Oro	Hojas Botón de Oro	-,1144(*)	,02165	,002	-,1828	-,0461
		Hoja Nacedero	-,3878(*)	,01968	,000	-,4493	-,3263
		Ramio	,0522	,04168	,753	-,0853	,1898
	Hoja Nacedero	Hojas Botón de Oro	,2733(*)	,02678	,000	,1937	,3530
		Tallo Botón de Oro	,3878(*)	,01968	,000	,3263	,4493
		Ramio	,4400(*)	,04456	,000	,2999	,5801
	Ramio	Hojas Botón de Oro	-,1667(*)	,04547	,019	-,3081	-,0252
		Tallo Botón de Oro	-,0522	,04168	,753	-,1898	,0853
		Hoja Nacedero	-,4400(*)	,04456	,000	-,5801	-,2999
Mn (mg/100g)	Hojas Botón de Oro	Tallo Botón de Oro	6,8867(*)	,31025	,000	5,8470	7,9263
		Hoja Nacedero	6,9256(*)	,31210	,000	5,8857	7,9654
		Ramio	7,2600(*)	,31791	,000	6,2182	8,3018
	Tallo Botón de Oro	Hojas Botón de Oro	-6,8867(*)	,31025	,000	-7,9263	-5,8470

		Hoja Nacadero	,0389	,05208	,968	-,1192	,1970
		Ramio	,3733(*)	,07984	,005	,1188	,6278
	Hoja Nacadero	Hojas Botón de Oro	-6,9256(*)	,31210	,000	-7,9654	-5,8857
		Tallo Botón de Oro	-,0389	,05208	,968	-,1970	,1192
		Ramio	,3344(*)	,08675	,011	,0692	,5997
	Ramio	Hojas Botón de Oro	-7,2600(*)	,31791	,000	-8,3018	-6,2182
		Tallo Botón de Oro	-,3733(*)	,07984	,005	-,6278	-,1188
		Hoja Nacadero	-,3344(*)	,08675	,011	-,5997	-,0692
Zn (mg/100g)	Hojas Botón de Oro	Tallo Botón de Oro	2,6367(*)	,13995	,000	2,1854	3,0879
		Hoja Nacadero	2,4533(*)	,13891	,000	2,0029	2,9038
		Ramio	2,8211(*)	,14651	,000	2,3623	3,2799
	Tallo Botón de Oro	Hojas Botón de Oro	-2,6367(*)	,13995	,000	-3,0879	-2,1854
		Hoja Nacadero	-,1833(*)	,05798	,034	-,3556	-,0110
		Ramio	,1844	,07436	,135	-,0395	,4084
	Hoja Nacadero	Hojas Botón de Oro	-2,4533(*)	,13891	,000	-2,9038	-2,0029
		Tallo Botón de Oro	,1833(*)	,05798	,034	,0110	,3556
		Ramio	,3678(*)	,07240	,001	,1482	,5873
	Ramio	Hojas Botón de Oro	-2,8211(*)	,14651	,000	-3,2799	-2,3623
		Tallo Botón de Oro	-,1844	,07436	,135	-,4084	,0395
		Hoja Nacadero	-,3678(*)	,07240	,001	-,5873	-,1482
Al (mg/100g)	Hojas Botón de Oro	Tallo Botón de Oro	-,0756(*)	,01670	,002	-,1252	-,0260
		Hoja Nacadero	-,0222	,01467	,584	-,0663	,0218
		Ramio	,0156	,01688	,921	-,0346	,0657
	Tallo Botón de Oro	Hojas Botón de Oro	,0756(*)	,01670	,002	,0260	,1252
		Hoja Nacadero	,0533(*)	,01462	,014	,0094	,0972
		Ramio	,0911(*)	,01684	,000	,0411	,1411
	Hoja Nacadero	Hojas Botón de Oro	,0222	,01467	,584	-,0218	,0663
		Tallo Botón de Oro	-,0533(*)	,01462	,014	-,0972	-,0094
		Ramio	,0378	,01482	,119	-,0068	,0823
	Ramio	Hojas Botón de Oro	-,0156	,01688	,921	-,0657	,0346
		Tallo Botón de Oro	-,0911(*)	,01684	,000	-,1411	-,0411
		Hoja Nacadero	-,0378	,01482	,119	-,0823	,0068
Taninos %	Hojas Botón de Oro	Tallo Botón de Oro	-,0413(*)	,00440	,000	-,0544	-,0283
		Hoja Nacadero	-,0896(*)	,00748	,000	-,1129	-,0663
		Ramio	-,5218(*)	,01996	,000	-,5881	-,4555
	Tallo Botón de Oro	Hojas Botón de Oro	,0413(*)	,00440	,000	,0283	,0544
		Hoja Nacadero	-,0482(*)	,00736	,000	-,0714	-,0251
		Ramio	-,4804(*)	,01991	,000	-,5467	-,4142
	Hoja Nacadero	Hojas Botón de Oro	,0896(*)	,00748	,000	,0663	,1129
		Tallo Botón de Oro	,0482(*)	,00736	,000	,0251	,0714
		Ramio	-,4322(*)	,02081	,000	-,4990	-,3654
	Ramio	Hojas Botón de Oro	,5218(*)	,01996	,000	,4555	,5881
		Tallo Botón de Oro	,4804(*)	,01991	,000	,4142	,5467
		Hoja Nacadero	,4322(*)	,02081	,000	,3654	,4990

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel .05.

ANEXO F
Prueba H de Kruskal Wallis para variables que no se ajustan a la normalidad
(plantas)

	MS (%)	Cenizas (%)	P (mg/100g)	Nitrógeno (%)	Proteína (%)	Mg (mg/100g)	Cu (mg/100g)	Mn (mg/100g)	Zn (mg/100g)	Taninos %
Chi-cuadrado	19,858	14,111	30,051	32,462	32,369	30,167	26,565	26,389	26,745	32,846
gl	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Sig. asintót.	,000	,003	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000

ANEXO G
Prueba U de Mann Withney para comparación de medias en variables no
homogéneas (plantas)

HBO vs TBO

	MS (%)	Cenizas (%)	P (mg/100g)	Proteína (%)	Mg (mg/100g)	Cu (mg/100g)	Mn (mg/100g)	Zn (mg/100g)	Taninos %
U de Mann-Whitney	39,500	25,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	84,500	70,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000
Z	-,088	-1,369	-3,576	-3,576	-3,576	-3,585	-3,580	-3,576	-3,580
Sig. asintót. (bilateral)	,930	,171	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,931(a)	,190(a)	,000(a)	,000(a)	,000(a)	,000(a)	,000(a)	,000(a)	,000(a)

HBO vs HNA

	MS (%)	Cenizas (%)	P (mg/100g)	Proteína (%)	Mg (mg/100g)	Cu (mg/100g)	Mn (mg/100g)	Zn (mg/100g)	Taninos %
U de Mann-Whitney	37,000	6,000	2,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	82,000	51,000	47,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000
Z	-,309	-3,046	-3,400	-3,576	-3,576	-3,584	-3,580	-3,578	-3,580
Sig. asintót. (bilateral)	,757	,002	,001	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,796(a)	,001(a)	,000(a)	,000(a)	,000(a)	,000(a)	,000(a)	,000(a)	,000(a)

HBO vs RA

	MS (%)	Cenizas (%)	P (mg/100g)	Proteína (%)	Mg (mg/100g)	Cu (mg/100g)	Mn (mg/100g)	Zn (mg/100g)	Taninos %
U de Mann-Whitney	,000	30,000	,000	,000	23,000	14,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	45,000	75,000	45,000	45,000	68,000	59,000	45,000	45,000	45,000
Z	-3,578	-,927	-3,576	-3,576	-1,545	-2,342	-3,578	-3,580	-3,580
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,354	,000	,000	,122	,019	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000(a)	,387(a)	,000(a)	,000(a)	,136(a)	,019(a)	,000(a)	,000(a)	,000(a)

NA vs TBO

	MS (%)	Cenizas (%)	P (mg/100g)	Proteína (%)	Mg (mg/100g)	Cu (mg/100g)	Mn (mg/100g)	Zn (mg/100g)	Taninos %
U de Mann-Whitney	34,000	18,000	,000	,000	,000	,000	34,500	14,500	,000
W de Wilcoxon	79,000	63,000	45,000	45,000	45,000	45,000	79,500	59,500	45,000
Z	-,574	-1,987	-3,576	-3,576	-3,576	-3,593	-,531	-2,298	-3,576
Sig. asintót. (bilateral)	,566	,047	,000	,000	,000	,000	,595	,022	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,605(a)	,050(a)	,000(a)	,000(a)	,000(a)	,000(a)	,605(a)	,019(a)	,000(a)

NA vs RA

	MS (%)	Cenizas (%)	P (mg/100g)	Proteína (%)	Mg (mg/100g)	Cu (mg/100g)	Mn (mg/100g)	Zn (mg/100g)	Taninos %
U de Mann-Whitney	,000	6,000	1,000	3,000	,000	,000	12,000	7,000	,000
W de Wilcoxon	45,000	51,000	46,000	48,000	45,000	45,000	57,000	52,000	45,000
Z	-3,578	-3,046	-3,488	-3,311	-3,576	-3,584	-2,518	-2,963	-3,576
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,002	,000	,001	,000	,000	,012	,003	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000(a)	,001(a)	,000(a)	,000(a)	,000(a)	,000(a)	,011(a)	,002(a)	,000(a)

TBO vs RA

	MS (%)	Cenizas (%)	P (mg/100g)	Proteína (%)	Mg (mg/100g)	Cu (mg/100g)	Mn (mg/100g)	Zn (mg/100g)	Taninos %
U de Mann-Whitney	,000	22,000	18,000	,000	,000	27,000	3,500	15,000	,000
W de Wilcoxon	45,000	67,000	63,000	45,000	45,000	72,000	48,500	60,000	45,000
Z	-3,578	-1,634	-1,987	-3,576	-3,576	-1,195	-3,276	-2,254	-3,576
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,102	,047	,000	,000	,232	,001	,024	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000(a)	,113(a)	,050(a)	,000(a)	,000(a)	,258(a)	,000(a)	,024(a)	,000(a)

ANEXO H

Prueba H de Kruskal Wallis para variables que no se ajustan a la normalidad (suelos)

	%Humedad Higroscopica	pH	%C	% MO	%N	C/N	Bray II P (mg/kg)	CIC (meq/100g)	Acidez (meq/100g)	Al (meq/100g)
Chi-cuadrado	30,053	20,750	14,882	14,882	20,230	21,148	26,095	30,053	21,843	31,154
gl	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Sig. asintót.	,000	,000	,002	,002	,000	,000	,000	,000	,000	,000

	Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	Ca/Mg	(Ca+Mg) /K	Na (meq/100g)	K (meq/100g)	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Chi-cuadrado	30,053	30,053	30,053	30,053	31,040	30,160	26,095	30,053	20,159	30,053
gl	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Sig. asintót.	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000

ANEXO I

Prueba de homogeneidad de varianzas (suelos)

Variable dependiente		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Humedad de campo (%)	Basándose en la media	11,729	3	32	,000
	Basándose en la mediana.	7,204	3	32	,001
	Basándose en la mediana y con gl corregido	7,204	3	13,067	,004
	Basándose en la media recortada	11,442	3	32	,000
Humedad Higroscópica (%)	Basándose en la media	41,105	3	32	,000
	Basándose en la mediana.	4,508	3	32	,010
	Basándose en la mediana y con gl corregido	4,508	3	8,785	,035
	Basándose en la media recortada	34,687	3	32	,000
pH	Basándose en la media	10,915	3	32	,000
	Basándose en la mediana.	1,940	3	32	,143
	Basándose en la mediana y con gl corregido	1,940	3	23,208	,151
	Basándose en la media recortada	9,731	3	32	,000

%C	Basándose en la media	6,013	3	32	,002
	Basándose en la mediana.	,833	3	32	,486
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,833	3	16,189	,495
	Basándose en la media recortada	5,367	3	32	,004
% MO	Basándose en la media	5,726	3	32	,003
	Basándose en la mediana.	,774	3	32	,517
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,774	3	16,495	,525
	Basándose en la media recortada	5,104	3	32	,005
%N	Basándose en la media	7,602	3	32	,001
	Basándose en la mediana.	,975	3	32	,416
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,975	3	25,271	,420
	Basándose en la media recortada	6,530	3	32	,001
C/N	Basándose en la media	2,346	3	32	,091
	Basándose en la mediana.	,793	3	32	,507
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,793	3	27,331	,508
	Basándose en la media recortada	2,195	3	32	,108
P (mg/kg)	Basándose en la media	7,913	3	32	,000
	Basándose en la mediana.	2,277	3	32	,099
	Basándose en la mediana y con gl corregido	2,277	3	24,468	,105
	Basándose en la media recortada	7,304	3	32	,001
CIC (meq/100g)	Basándose en la media	5,542	3	32	,004
	Basándose en la mediana.	4,366	3	32	,011
	Basándose en la mediana y con gl corregido	4,366	3	20,677	,016
	Basándose en la media recortada	5,477	3	32	,004

Acidez intercambiable (meq/100g)	Basándose en la media	11,724	3	32	,000
	Basándose en la mediana.	,965	3	32	,421
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,965	3	20,885	,428
	Basándose en la media recortada	9,489	3	32	,000
Al intercambiable (meq/100g)	Basándose en la media	41,026	3	32	,000
	Basándose en la mediana.	2,564	3	32	,072
	Basándose en la mediana y con gl corregido	2,564	3	9,367	,117
	Basándose en la media recortada	32,314	3	32	,000
Ca (meq/100g)	Basándose en la media	6,196	3	32	,002
	Basándose en la mediana.	2,763	3	32	,058
	Basándose en la mediana y con gl corregido	2,763	3	19,531	,070
	Basándose en la media recortada	5,934	3	32	,002
Mg (meq/100g)	Basándose en la media	2,085	3	32	,122
	Basándose en la mediana.	,444	3	32	,723
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,444	3	26,182	,723
	Basándose en la media recortada	1,899	3	32	,150
Ca/Mg	Basándose en la media	22,520	3	32	,000
	Basándose en la mediana.	2,716	3	32	,061
	Basándose en la mediana y con gl corregido	2,716	3	11,985	,091
	Basándose en la media recortada	19,255	3	32	,000
(Ca+Mg)/K	Basándose en la media	18,172	3	32	,000
	Basándose en la mediana.	1,724	3	32	,182
	Basándose en la mediana y con gl corregido	1,724	3	17,452	,199
	Basándose en la media recortada	15,141	3	32	,000

Na (meq/100g)	Basándose en la media	12,522	3	32	,000
	Basándose en la mediana.	6,400	3	32	,002
	Basándose en la mediana y con gl corregido	6,400	3	15,385	,005
	Basándose en la media recortada	12,100	3	32	,000
K (meq/100g)	Basándose en la media	1,578	3	32	,214
	Basándose en la mediana.	,193	3	32	,901
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,193	3	27,385	,900
	Basándose en la media recortada	1,364	3	32	,271
Fe (mg/kg)	Basándose en la media	3,007	3	32	,045
	Basándose en la mediana.	,738	3	32	,537
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,738	3	26,292	,539
	Basándose en la media recortada	2,752	3	32	,059
Cu (mg/kg)	Basándose en la media	1,615	3	32	,205
	Basándose en la mediana.	1,322	3	32	,284
	Basándose en la mediana y con gl corregido	1,322	3	31,719	,284
	Basándose en la media recortada	1,611	3	32	,206
Mn (mg/kg)	Basándose en la media	1,182	3	32	,332
	Basándose en la mediana.	,380	3	32	,768
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,380	3	28,416	,768
	Basándose en la media recortada	1,105	3	32	,361
Zn (mg/kg)	Basándose en la media	44,333	3	32	,000
	Basándose en la mediana.	3,689	3	32	,022
	Basándose en la mediana y con gl corregido	3,689	3	10,706	,048
	Basándose en la media recortada	36,212	3	32	,000

ANEXO J. Prueba U de Mann Whitney para relación de medias entre plantas y suelos.

Planta NA vs Suelo NA

	N (%)	P (mg/kg)	Ca (mg/100g)	Mg (mg/100g)	K (mg/100g)
U de Mann-Whitney	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000
Z	-3,600	-3,599	-3,599	-3,599	-3,599
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000(a)	,000(a)	,000(a)	,000(a)	,000(a)

	Al (mg/100g)	Fe (mg/100g)	Cu (mg/100g)	Mn (mg/100g)	Zn (mg/100g)
U de Mann-Whitney	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000
Z	-3,654	-3,599	-3,606	-3,600	-3,600
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000(a)	,000(a)	,000(a)	,000(a)	,000(a)

Planta BO vs Suelo BO

	N (%)	P (mg/kg)	Ca (mg/100g)	Mg (mg/100g)	K (mg/100g)
U de Mann-Whitney	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000
Z	-3,600	-3,599	-3,599	-3,599	-3,599
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000(a)	,000(a)	,000(a)	,000(a)	,000(a)

	Al (mg/100g)	Fe (mg/100g)	Cu (mg/100g)	Mn (mg/100g)	Zn (mg/100g)
U de Mann-Whitney	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000
Z	-3,654	-3,599	-3,599	-3,600	-3,599
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000(a)	,000(a)	,000(a)	,000(a)	,000(a)

Planta RA vs Suelo RA

	N (%)	P (mg/kg)	Ca (mg/100g)	Mg (mg/100g)	K (mg/100g)
U de Mann-Whitney	21,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	66,000	45,000	45,000	45,000	45,000
Z	-1,773	-3,599	-3,599	-3,599	-3,650
Sig. asintót. (bilateral)	,076	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,094	,000	,000	,000	,000

	Al (mg/100g)	Fe (mg/100g)	Cu (mg/100g)	Mn (mg/100g)	Zn (mg/100g)
U de Mann-Whitney	,000	24,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	45,000	69,000	45,000	45,000	45,000
Z	-3,654	-1,466	-3,599	-3,599	-3,602
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,143	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000(a)	,161(a)	,000(a)	,000(a)	,000(a)