

**Composición Química De La Hoja De Guadua (*Guadua angustifolia* kunth) Bajo
Las Condiciones De La Cuenca Hidrográfica Del Río Guarapas, Municipio De Pitalito
Huila, Colombia.**

Sandra Adarmes Rey

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Programa de Agronomía

CCAV Pitalito

2020

**Composición Química De La Hoja De Guadua (*Guadua angustifolia* kunth) Bajo
Las Condiciones De La Cuenca Hidrográfica Del Río Guarapas, Municipio De Pitalito
Huila, Colombia.**

Sandra Adarmes Rey

Proyecto De Grado Presentado Para Optar Por El Título De

AGRÓNOMO

Director

Gustavo Adolfo Ramírez Córdoba

Ingeniero Agroforestal

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Programa de Agronomía

CCAV Pitalito

2020

Nota de Aceptación:

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Pitalito, agosto de 2020

Dedicatoria

A mi esposo.

Quien fue mi apoyo incondicional en este largo, difícil pero maravilloso proceso de
formación.

A mi hija.

Mi motor y mi fuerza, para no desfallecer ante las diversas dificultades presentadas a lo
largo del camino.

Agradecimientos

A Dios.

Por darme vida, licencia, sabiduría, valor y sobre todo mucha perseverancia, para llegar hasta este día tan esperado.

Al director de trabajo de grado y a los tutores de la escuela ECAPMA por su apoyo, motivación y transferencia de conocimiento, para mi formación profesional.

Al proyecto de grado de los estudiantes Diana Stefany Molina Calderón y William Sneyder Montealegre Rojas, de donde se tomó el material vegetal para el proyecto.

A la Universidad de la Amazonia, por su valioso apoyo en el centro experimental Macagual, en los laboratorios de ecofisiología vegetal y nutrición animal, en cabeza de Juan Carlos Suarez y Wilson Rodríguez respectivamente. Muy especialmente a Paola Andrea Polonia Hincapié, por su apoyo en todo el proceso de laboratorio y por abrirme las puertas de su casa.

Al estudiante Jhon Cristhian Santamaría por el corrido parcial de muestras en el centro experimental Macagual.

A mi hermosa amiga y compañera de estudio, de vida, de grandes luchas y logros, por su apoyo incondicional, Leidy Yurany Jiménez Cruz.

Tabla de contenido

Índice de figuras	9
Índice de tablas	10
Resumen	11
Abstract	12
Introducción	13
Objetivos	15
General	15
Específicos	15
Marco conceptual y teórico	16
Aspectos generales de la <i>Guadua angustifolia</i> Kunth	16
¿Qué es el suelo y como se conforma?	18
Propiedades químicas del suelo	19
Nitrógeno (N)	20
Fosforo (P)	20
Potasio (K)	21
Calcio (Ca)	21
Magnesio (Mg)	22
Cobre (Cu)	22
Manganeso (Mn)	22
Hierro (Fe)	23
Zinc (Zn)	23
Sodio (Na)	23
Fibras	24
Grasas	24
Qué es y para que sirve la absorción atómica	24
Antecedentes	26
Sector agrícola	26
Sector nutricional	27
Sector cosmético	27

Sector construcción	28
Sector ecológico	28
Metodología	29
Tipo de estudio:	29
Enfoque investigativo	29
Fuentes y técnicas para recolección de información.	29
Tratamiento de información	30
Nitrógeno total, método Kjeldahl	31
Materiales y equipos	31
Procedimiento	31
Preparación de reactivos	32
Grasas, método Randall	32
Procedimiento	32
Preparación de reactivo:	32
Fibras neutras FDN, método Van Soest	33
Procedimiento	33
Preparación de reactivos	33
Fibras ácidas FDA, método Van Soest	34
Procedimiento	34
Preparación de reactivos	35
Fósforo por colorimetría	35
Procedimiento	35
Minerales por espectrofotometría de absorción atómica (Ca, K, Na, Mg, Cu, Mn, Fe, Zn)	36
Procedimiento	37
Preparación de reactivos	37
Resultados	38
Toma de muestras	38
Preparación de las muestras	39
Nitrógeno (N)	39
Grasa	41
Fibras	43
Fosforo (P)	48

Espectrofotometría de absorción atómica elementos mayores: calcio Ca, potasio K, sodio Na, magnesio Mg	50
Elementos menores cobre Cu, manganeso Mn, hierro Fe y zinc Zn	53
Análisis de resultados	55
Conclusiones	58
Recomendaciones	59
Bibliografía	60
Apéndice	63
Apéndice A. Preparación de las muestras	63
Apéndice B. Determinación de grasa método Randall:	63
Apéndice C. Determinación de fibras método Van Soest	64
Apéndice D. Determinación de Nitrógeno por método Kjeldahl	64
Apéndice E. Determinación de fosforo por colorimetría	65
Apéndice F. Determinación de 8 minerales (Ca, K, Na, Mg, Cu, Mn, Fe, Zn) por espectrofotometría de absorción atómica	65

Índice de figuras

Figura 1.	38
Figura 2.	40
Figura 3.	40
Figura 4.	41
Figura 5.	42
Figura 6.	42
Figura 7.	43
Figura 8.	44
Figura 9.	44
Figura 10.	45
Figura 11.	46
Figura 12.	46
Figura 13.	47
Figura 14.	48
Figura 15.	49
Figura 16.	49
Figura 17.	50
Figura 18.	51
Figura 19.	52
Figura 20.	53
Figura 21.	53
Figura 22.	54

Índice de tablas

Tabla 1.	_____	16
Tabla 2.	_____	17
Tabla 3.	_____	18
Tabla 4.	_____	55
Tabla 5.	_____	56
Tabla 6.	_____	56

Resumen

Los suelos de Pitalito con vocación agrícola, hoy por hoy se encuentran degradados debido a las malas prácticas agrícolas producto de la intervención antrópica, así como por acción del agua y el aire, alterando las condiciones químicas y físicas. No obstante, dentro de la cuenca hidrográfica del río Guarapas se encuentra una importante cantidad de biomasa aérea de *Guadua angustifolia* Kunth. Por tal razón se analizó su composición química, determinando Nitrógeno total (NT), mediante la metodología de digestión Kjeldahl, grasa, aplicando el método de extracción Randall, fibra, mediante el método Van Soest, Fosforo P, por colorimetría. Así como también se determinó Ca, K, Na, Mg, Cu, Mn, Fe y Zn, mediante espectrofotometría de absorción atómica. Obteniendo 7,56% de grasa y 26,9% en fibra. Dentro de los macronutrientes se halló 4,44% de N, 0,07% de P, 0,80% de K, 0,79% de Ca, 0,56% Mg y para los micronutrientes se encontró un 0,02 Mg/g de Cu, 0,15 Mg/g de Mn, 1,08 Mg/g de Fe y 0,05 Mg/g de Zn. Este estudio se realizó en Pitalito Huila bajo las condiciones agroclimáticas de la cuenca Hidrográfica del río Guarapas, lugar donde se ha ido identificando, evaluando y estudiando desde hace pocos años para medir el potencial de uso que puede tener la *Guadua angustifolia* Kunth).

Palabras claves: materia orgánica, composición química, elementos esenciales, descomposición.

Abstract

The soils of Pitalito with an agricultural vocation, today are degraded due to bad agricultural practices as a result of human intervention, as well as due to the action of water and air, altering chemical and physical conditions. However, within the hydrographic basin of the Guarapas River there is a significant amount of aerial biomass of Guadua (*Guadua angustifolia* Kunth). For this reason, its chemical composition was analyzed, determining total Nitrogen NT, using the Kjeldahl digestion methodology, fat, applying the Randall extraction method, fiber, using the Van Soest method, Phosphorus P, by colorimetry. As well as Ca, K, Na, Mg, Cu, Mn, Fe and Zn were determined by atomic absorption spectrophotometry. Obtaining 7.56% fat and 26.9% fiber. Within the macronutrients, 4.44% of N, 0.07% of P, 0.80% of K, 0.79% of Ca, 0.56% Mg and for the micronutrients, 0.02 Mg was found. / g of Cu, 0.15 Mg / g of Mn, 1.08 Mg / g of Fe and 0.05 Mg / g of Zn. This study was carried out in Pitalito Huila under the agroclimatic conditions of the Guarapas river basin, where it has been identified, evaluated and studied for a few years to measure the potential of use that Guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) may have.

Keywords: organic matter, chemical composition, essential elements, decomposition.

Introducción

Dentro del suelo ocurren incontables procesos permanentes, por los cuales al transcurrir de los años se ha venido formando tanto en su parte física y biológica como en su composición química, esta parte consta de procesos invisibles ante el ojo humano pero que son indispensables para el desarrollo de las plantas. Dichas propiedades como el pH, la fertilidad, los macro y micro nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y el carbono orgánico (CO), están directamente ligados a la materia orgánica (MO), la cual se forma mediante el proceso de descomposición de seres vivos tanto animales como vegetales. Por esta razón el suelo es considerado como el origen de la vida, dado que todos dependemos de esos pequeños pero indispensables procesos para existir (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], s.f, sección de propiedades químicas, parr 1-5).

Razón por la cual es muy importante atender las necesidades que tiene este importante soporte de vida, dado que gracias a la acción de agentes naturales como el agua y el viento se ha venido degradando al transcurrir de los años, aunque el daño mayor lo realiza el ser humano, con sus labores agrícolas y pecuarias, llevándolo a la pérdida de la fertilidad por la alteración de toda la composición química, reflejándose en la productividad y la rentabilidad.

En tal sentido, se encuentra que la cuenca hidrográfica del río Guarapas aporta 82 toneladas/ha de biomasa de *Guadua angustifolia* Kunth (Molina y Montealegre, 2018, p. 6) y que esta posee valiosos elementos para el mejoramiento de las propiedades químicas, tal como lo muestra Mora, (2006) en su trabajo, donde se afirma la importancia de la materia orgánica compostada, para el mejoramiento de las concentraciones de carbono, nitrógeno y la retención de nutrientes. Así como la disponibilidad de fósforo para las plantas, según Manzur et. al.,(1983, como se cito en Mora, 2006).

Cabe destacar que la hoja de esta gramínea gigante endémica de América, contiene macronutrientes indispensables para el desarrollo de las plantas en 4,44% de N, 0,07% de P, 0,80% de K, 0,79% de Ca, 0,56% Mg y micronutrientes en un 0,02 Mg/g de Cu, 0,15 Mg/g de Mn, 1,08 Mg/g de Fe y 0,05 Mg/g de Zn. Lo cual muestra una ideal base para compostajes de incorporación al suelo para su mejoramiento.

Sin embargo tiene una limitante y son los contenidos de grasas, estos están en 7,45%, las grasas definen la velocidad con la que la MO fresca se descompone (Universidad Nacional de Cordoba [UNC], s.f). Por su parte las fibras son altas estando en un 22,25% lo cual le brinda abundante alimento a los microorganismos descomponedores de la MO fresca, dado que estas son estructuras de polímeros que se convierten en monómeros disponibles para el alimento de dichos microorganismos (UNC, s.f).

Objetivos

General

- Determinar la composición química de las hojas de Guadua (*Guadua angustifolia* Kunth), ubicada en la cuenca hidrográfica del río Guarapas, municipio de Pitalito Huila.

Específicos

- Caracterizar el contenido de fibras, grasas, nitrógeno N y fósforo P en hojas de *Guadua angustifolia* Kunth en base seca, ubicada en la cuenca hidrográfica del río Guarapas, municipio de Pitalito Huila.
- Definir el contenido de 8 minerales calcio Ca, potasio K, sodio Na, magnesio Mg, cobre Cu, manganeso Mn, hierro Fe y zinc Zn, en hojas de *Guadua angustifolia* Kunth en base seca, ubicada en la cuenca hidrográfica del río Guarapas, municipio de Pitalito Huila

Marco conceptual y teórico

Aspectos generales de la *Guadua angustifolia* Kunth

La *Guadua angustifolia* es una gramínea gigante perteneciente al género bambú, el cual es endémico de América, esta comprende cerca de 30 especies. Es considerado el 3 bambú más grande del mundo llegando a medir hasta 30 metros, con diámetro de culmo entre 1 y 22 cm. En Colombia es la especie endémica más importante por sus amplios usos industriales. La primera identificación de la especie fue hecha por Humboldt y Bonpland botánicos que la denominaron *Bambusa guadua*, pero más adelante el botánico alemán Karl S. Kunth crea el género *Guadua* haciendo honor al vocablo indígena de las comunidades colombianas y ecuatorianas que así le llamaban a la planta; *angustifolia* que significa hoja angosta dada la morfología de las hojas, es así como la renombro en 1822 *Guadua angustifolia* Kunth (Moreno, Trujillo y Osorio, 2007, p 613).

Tabla 1.

Clasificación taxonómica de la guadua

Nombre Científico	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth
Reino	Vegetal
División	Espermatofitas
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Monocotiledóneas
Orden	Glumiflorales
Familia	Gramíneas
Tribu	<i>Bambuseae verae</i>

Genero	<i>Guadua</i>	
Subgénero	<i>Bambusa</i>	
Especie	<i>Guadua angustifolia</i>	
Formas	Guadua Castilla	
	Guadua Macana	
	Guadua Cebolla	
Variedades	Guadua Bicolor	Verde rayada y amarilla
	Guadua Negra	El gen determinante no se ha adquirido totalmente

Nota: tomado de *tesis doctoral* (p. 24), por González, y Díaz (2003). Adaptado por Méndez, 2014

Tabla 2.

Variables climatológicas óptimas de estación para la guadua

Hábitat	De 0 a 2200 m de altitud sobre el nivel del mar	
Precipitación	Superior a 1200 mm/año	
Humedad relativa	75 % - 85 %	
Condiciones de desarrollo óptimo	Altitud	900 – 1600 msnm
	Precipitación	2000 – 2500 mm/año
	Temperatura	20 ° C – 26 ° C

Nota: tomado de *tesis doctoral* (p. 25), por González, y Díaz, 2003. Adaptado por Méndez 2014

El proyecto se desarrolló en el municipio de Pitalito Huila, en la cuenca hidrográfica del río Guarapas, la cual:

Está situada al sur del departamento del Huila en jurisdicción de los municipios de Palestina y Pitalito, con un área de 70567 hectáreas, nace en el macizo colombiano en el flanco occidental de la cordillera oriental una altura aproximada de 2715 msnm en la vereda Villas del macizo en el municipio de Palestina, recorre 71,4 km antes de llegar a su desembocadura en el río Magdalena a una altura de 1203 msnm en la vereda Chillurco del municipio de Pitalito. (Méndez, 2014, p. 29)

Tabla 3.

Climatología de la cuenca hidrográfica del río guarapas

	20,2 ° C	
Humedad relativa	84%	
Nubosidad	6 octas, durante todo el año	
Evaporación media mensual	90,4 mm	
Brillo y radiación solar medio	120,9 horas	
Clima	Precipitación	1300 mm a 2100 mm anuales
	Temperatura media	21°C a 12°C
Precipitación media anual	1716,85 mm/año	

Nota: tomado de *tesis doctoral* (p. 25), por González, y Díaz, 2003. Adaptado por el autor, 2019

¿Qué es el suelo y como se conforma?

El suelo es la parte mas abundante e importante de la corteza terrestre, “está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua”(FAO,

1996, sección tema 2: el suelo, párr. 1). En él, se alojan los fragmentos que hacen posible la vida, ahí ocurren procesos muy lentos que han formado la delgada capa de suelo arable, por acción del agua, aire y el clima. Dentro de sus características encontramos las físicas: color, textura y estructura, las químicas varía por los minerales y materia orgánica que se aloja, por lo que debe existir un equilibrio entre el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. Por su parte la MO siempre contiene el carbono, oxígeno, hidrógeno y el nitrógeno, además de otros elementos, para esto es fundamental los microorganismos los cuales transforman la MO y permiten que estos sean nuevamente utilizados (FAO, 1996, sección tema 2: el suelo, párr. 9).

Propiedades químicas del suelo

Las propiedades químicas que conforman el suelo son: la capacidad de intercambio catiónico (CIC), este es una forma de medir la capacidad que tienen los diferentes tipos de suelo para retener e intercambiar nutrientes, y que estos sean disponibles para las plantas. El pH, este define la disponibilidad de nutrientes para las plantas se mide en una escala de 0 a 14, donde menor que 7 es ácido y mayor que 7 básico, donde el ideal para la agricultura se encuentra en 6,5. El porcentaje de saturación de bases está ligado al pH, el cual se usa para calcular la cantidad de limos requerida para neutralizarlo. El carbono orgánico del suelo, se fija de la atmosfera por la fotosíntesis, liberado por el proceso de descomposición para formar materia orgánica, ayudando al mejoramiento de las condiciones físicas del suelo. La salinización y alcalinización, los contenidos de calcio y de yeso (FAO), s.f, sección de propiedades químicas, párr. 1-11).

Dentro de las propiedades químicas también se encuentran los nutrientes, donde según la FAO, (s.f) sección de propiedades químicas, párr. 5) consta de 16 elementos y se clasifican en mayores y menores, dado el requerimiento de las plantas para su desarrollo fisiológico normal.

Dichos elementos son: Carbono(C), Hidrógeno (H), Nitrógeno(N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre(S) los cuales representan los macronutrientes y Hierro (Fe), Zinc (Zn), Manganeso (Mn), Boro (B), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl) los cuales son considerados micronutrientes.

Nitrógeno (N)

El nitrógeno, es denominado un macro nutriente por su amplio requerimiento por las plantas, así como también está ampliamente distribuido en la naturaleza. Compuesto inorgánico que no se puede asimilar de forma directa por las plantas. Este lo asimilan en forma de catión como amonio NH_4^+ o aniónica de nitrato NO_3^- - FAO, (s.f) sección de propiedades químicas, parr. 6).

Así como también forma parte de las proteínas, es fundamental para el crecimiento de las plantas, proporciona el color verde, activa el crecimiento vegetativo y de follaje, participa en la fotosíntesis y es componente del ARN y ADN (FAO, s.f, sección funciones de los elementos en las plantas, párr.1).

Fosforo (P)

El fósforo total (Pt) se presenta en la naturaleza, una parte de forma inorgánica, así como también se encuentra de forma orgánica. La actividad biológica, las condiciones edafológicas y agroclimáticas, las condiciones físicas del suelo, como la textura, son agentes determinantes para la cantidad de P que se encuentre, tanto de forma orgánica como inorgánica. En texturas finas mayor será el contenido de fosforo alojado. El P en los vegetales hace parte del ATP, siendo clave para la fotosíntesis y la respiración celular, el transporte de hidratos de carbono, fundamental en el metabolismo, así como para el crecimiento de raíces en plantas jóvenes (Alconada, Lanfranco, y Pellegrini, 2017, p. 116).

Potasio (K)

El potasio (K⁺) es otro de los llamados macronutrientes esenciales, dada la cantidad que la planta requiere para su desarrollo y la cantidad de funciones dentro de la misma. Tales como la activación de hasta 60 enzimas presentes en los procesos metabólicos, como la fotosíntesis, la síntesis de proteínas y carbohidratos. Regula la apertura de estomas, por lo tanto balancea el agua dentro de la planta, así como también actúa en el crecimiento meristemático (Intagri, s.f, sección fijación de potasio en el suelo, párr. 1)

También encontramos que el K intervine en la división celular regulando así la disponibilidades de azúcares, ayuda a la absorción de Ca, N y Na, activa el sistema de defensa de las plantas contra las enfermedades y bajas temperaturas, está presente en la producción de proteínas, encargada del flujo de azucars de la hoja hasta el fruto (FAO, s.f, sección funciones de los elementos en las plantas, párr.1).

Calcio (Ca)

La cantidad de Ca en el suelo esta determinado por el material parental y el grado de meteorización sufrido por los mismos. La anortita, piroxenos, la horblenda y la augita son unas de las principales fuentes de calcio en el suelo. La caliza y la dolomita son fuentes secundarias (Alconada, Lanfranco, y Pellegrini, 2017, p. 134).

Dentro de las funciones del Ca en las plantas encontramos que es un elemento fundamental en las paredes celulares, da vigor a las raices, estabiliza la absorcion de nutrientes, elemento que requiere otros elementos para movilizarse dentro de la planta.

En el suelo ayuda a regular el pH (FAO, s.f, seccion funciones de los elementos en las plantas, parr. 10).

Magnesio (Mg)

Al igual que el Ca este se relaciona directamente con el material parental y el grado de meteorización sufrido. La biotita, la augita, la hornblenda el olivino como principales fuentes de Mg. Como secundarios la clorita, verniculita, motmorrillonita, así como la magnesita ($MgCO_3$) y la dolomita ($CaCO_3.MgCO_3$) (Alconada, Lanfranco, y Pellegrini, 2017, p. 135).

Dentro de las funciones en las plantas: se encuentra en el núcleo central de la molécula clorofila, donde se producen día a día los azúcares que permiten a la planta crecer y producir. Fundamental en la actividad enzimática del metabolismo de carbohidratos, forma parte de la estructura del ribosoma (FAO, s.f, sección funciones de los elementos en las plantas, párr. 12).

Cobre (Cu)

Elemento inmóvil, es importante en el proceso de la respiración, fotosíntesis, el metabolismo de proteínas, la distribución de carbohidratos en la planta. El cobre se hace disponible gracias a la presencia de MO, el pH del suelo y la presencia de Fe, Mn y Al. (Alconada, Lanfranco, y Pellegrini, 2017, p. 148).

Manganeso (Mn)

Micro nutriente de baja movilidad dentro de la planta, sintetizador de la clorofila, el ATP, la lignina y vitaminas (riboflavina, ácido ascórbico, y carotina). También es importante para la asimilación de nitratos, la activación hormonal y división celular. Juega un fundamental papel en la fotosíntesis, respiración, fotólisis del agua, asimilación del dióxido de carbono (CO_2), transporte de nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio; importante en la germinación y madurez fisiológica del grano. Puede reemplazar al Mg en las que reacciones que intervienen los componentes enzimáticos (Intagri, s.f, sección de funciones dentro de las plantas, parr. 2).

Hierro (Fe)

Elemento que se encuentra de forma inorgánica e la naturaleza, poco soluble en el agua y se precipita como oxido.

Ayuda a reducir los sulfatos y nitratos. Es fundamental para la formación de clorofila, aunque no hace parte no hace parte de su síntesis. Constituyente de diversas enzimas (Alconada, Lanfranco, y Pellegrini, 2017, p. 146). .

Zinc (Zn)

El zinc en el suelo es antagonista con el P y el Zn, se encuentra de forma inorgánica, la disponibilidad varía según el pH, al ser mayor de 7 esta disminuye. La deficiencia se presenta en suelos arenosos o pobres de MO. En la planta es importante para la formación de diversas enzimas y proteínas (Alconada, Lanfranco, y Pellegrini, 2017, p. 146).

Sodio (Na)

Cuando los suelos contienen mucha cantidad de Sodio intercambiable y bajo nivel de sales solubles, se determinan como suelos sódicos, los cuales tienen efectos negativos para el crecimiento y desarrollo de las plantas, dando como consecuencia el bajo rendimiento en los cultivos. Cabe destacar que el sodio es más efectivo que el Ca, dado que es bivalente, los agregados del suelo tienden a romperse cuando hay presencia de Na (Smart Fertilizer Management, s.f, sección suelos sódicos y su manejo, parr. 1-4).

Se encuentra dentro de la naturaleza una amplia gama de recursos aprovechables para el mejoramiento de los suelos como:

Fibras

Las fibras son estructuras conformadas por diferentes polímeros de celulosa, hemicelulosa, pectina y lignina, dando lugar a tejidos duros y/o blandos que forman órganos como tallos, raíces, hojas, flores y frutos (Deaquiz y Moreno, 2016, pp. 30-31).

Estos polimeros forman parte de la MO fresca, los cuales, al entrar en proceso de descomposición, transformándose en monómeros los cuales servirán de alimento para los microorganismos que continúen con el proceso de descomposición (Universidad Nacional de Córdoba (UNC), s.f).

Grasas

“Las grasas o lípidos se definen químicamente como sustancias orgánicas insolubles en agua pero solubles en disolventes orgánicos. Dentro del término general de lípidos se incluyen distintos compuestos que tienen en común contar con ácidos grasos en su estructura” (Mateos, Rebollar y Medel, 1996, sección de utilización de grasas y productos lipídicos en alimentación animal: grasas puras y mezclas, parr. 1).

Los compuestos grasos en la MO fresca, definen la velocidad con la que esta se descompondrá, a mayor cantidad de grasas, menor será la velocidad de descomposición, a menor cantidad de este compuesto, mayor será la velocidad de descomposición. (Mora Delgado, 2006, p. 1)

Qué es y para que sirve la absorción atómica

En 1840 por Kirchhoff y Bunsen los principios teóricos de la absorción atómica. Aunque la base de la espectroscopia de absorción atómica (EAA) la entregó Kirchhoff al formular su ley general: « cualquier materia que pueda emitir luz a una cierta longitud de onda también absorberá luz a esa longitud de onda». Luego 1955 por el australiano Walsh, desarrolla instrumentos comerciales, donde en 1960 aparece comercialmente el primero. Esta, se utiliza

para analizar más de 60 elementos en el rango de $\mu\text{g/ml}$ - ng/ml , Entre sus múltiples aplicaciones encontramos los análisis de: aguas, muestras geológicas, muestras orgánicas, metales y aleaciones, petróleo y sus subproductos; muestras de industrias químicas y farmacéuticas (Razmilic, 1994, sección de espectroscopia de absorción atómica, párr. 14)

Un átomo consta de un núcleo y un número de electrones, los cuales llegaran a un nivel cuantificable. Cuando un átomo llega a un estado fundamental. El estado fundamental de un átomo es la configuración más estable. Si este átomo se encuentra en estado fundamental, entonces absorberá cierta energía, donde a su vez experimenta un paso a un estado particular de mayor energía. Este estado es inestable, entonces el átomo regresa a su configuración inicial, emitiendo una radiación a una determinada frecuencia Razmilic, 1994, seccion de espectroscopia de absorcion atomica, parr. 1-8).

La frecuencia de la energía radiante emitida corresponde a la diferencia de energía entre el estado excitado (E_1) y el estado fundamental (E_0) como se encuentra descrito en la ecuación de Planck:

h = constante de Planck

ν = frecuencia

c = velocidad de luz

λ = longitud de onda

Según la teoría atómica de Max Plank, sostiene que el átomo puede alcanzar diferentes estados (E_1, E_2, E_3, \dots) y por cada uno emitir una radiación ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots$) característica, obteniéndose así un espectro atómico.

De la ecuación de Planck, se tiene que un átomo podrá absorber solamente radiación de una longitud de onda (frecuencia) específica. En absorción atómica interesa medir la

absorción de esta radiación de resonancia al hacerla pasar a través de una población de átomos libres en estado fundamental. Estos absorberán parte de la radiación en forma proporcional a su concentración atómica

La relación entre absorción y concentración se encuentra definida en la Ley de Lambert-Beer.

Como la trayectoria de la radiación permanece constante y el coeficiente de absorción es característico para cada elemento, la absorbancia es directamente proporcional a la concentración de las especies absorbentes. (Razmilic, 1994, sección de espectroscopia de absorción atómica, párr. 1-8)

Antecedentes

Las investigaciones de los potenciales de la *Guadua angustifolia* Kunth son muy jóvenes, sin embargo, el auge ha ido creciendo en la determinación de los diferentes usos que se le pueden dar a una especie endémica y de amplia población en el continente, evidenciando sus servicios económicos y ecosistémicos, en los diferentes sectores, agrícola, industrial, farmacéuticos, nutricionales, entre otros.

Sector agrícola

En la localidad de Yaracuy Venezuela se realizó investigación acerca de los aportes minerales de la hoja de *Guadua angustifolia* Kunth y bambú (*Bambusa vulgaris* Schrad, después de un proceso de descomposición de seis meses; determinando los contenidos minerales con la técnica de espectrofotometría de absorción atómica, en N, P, K, Ca y Mg encontrando: N ($149,3 \pm 14,8$ vs $65 \pm 16,6$ kg.ha), P ($25,3 \pm 4,2$ vs $14,5 \pm 3,6$ kg.ha), K ($63 \pm 8,7$ vs $30 \pm 7,8$ kg.ha) y Ca (91 ± 10 vs 53 ± 7 kg.ha⁻¹) y Mg ($9,1 \pm 1,2$ vs $7,2 \pm 1,9$ kg.ha) (Marín, *et al.*, 2011, p. 185).

Sector nutricional

Según Aguirre, *et al.*, (2018) Se realizó estudios de los brotes de *Guadua angustifolia* Kunth obtenidos del Rancho “El bambusal” Comunidad Loma Alta, en Hueytamalco, Puebla, México, para determinar los contenidos nutricionales de la planta y los niveles toxicológicos de ácido cianhídrico (HCN), para de esta forma recomendar su consumo (p. 137). Se encuentra el contenido de HCN es notablemente más alto en los brotes sin cocción, mientras que al hervir por 1 hora este disminuyó en un 98,7%. Así como los componentes bromatológicos como el contenido de grasa, proteína, humedad y la fibra cruda, aumentan según el tiempo de hervor. Por su parte el P, K, Fe, Mn y Zn redujeron su porcentaje con el tiempo de cocción entre 19% y 84%), en cambio el N, Ca, Mg, Na, B y Cu, incrementaron su porcentaje (entre 3% a 34%). (Aguirre, *et al.*, 2018, p. 137)

Sector cosmético

Según Durango *et al.*, (2015) En el departamento del Quindío se producen alrededor de 700 tallos de *Guadua* por hectárea, cada tallo arroja en promedio 7 kilos de hoja verde, donde el 83% de las empresas no lo utilizan y genera impactos negativos para el medio ambiente, por lo tanto se realizó investigación para evaluar el potencial cosmetológico que las hojas de *Guadua angustifolia* Kunth pueden poseer (p. 536).

Se identificó presencia de compuestos con actividad antioxidante (flavonoides y fenoles) con un 2,4 % de N menor al reportado para otros bambús. De las hojas se puede obtener un extracto hidroalcohólico con rendimiento hasta del 10,6 % y actividad antioxidante de 9,2 mg ácido gálico/100g y 14,5 mg Trolox /100g. Estas propiedades como sus rendimientos no varían con la edad del cultivo, la procedencia, el método de secado, ni con el tiempo de almacenamiento de las hojas, pero sí cambian con el tamaño de partícula.

Sector construcción

Este sector es quizás desde décadas el que más ha utilizado las bondades de la *Guadua angustifolia Kunth*, día con día se ha ido perfeccionando este arte hasta llegar a las grandes obras de arquitectura, según Londoño, (2011) esta práctica data desde la época de la colonia donde se fundaron mas de 1000 pueblos, en el valle del Cauca, Quindio, Risaralda, Antioquia y Caldas en el denominano siglo del Bahareque (p. 146).

En el mundo, es conocida como una de las 20 mejores especies de bambúes, dado que posee fibras longitudinales fuertes, con altura hasta de 30 m y diámetros hasta de 22 cm. Alta relación resistencia/peso, resistencia a la compresión que fluctúan entre 350 kg cm⁻² y 500 kg cm⁻², de flexibilidad, cualidades ideales para la construcción. (Londoño, 2011, p 146).

Sector ecológico

En Pitalito Huila, en la cuenca hidrográfica del rio Guarapas se realizó la cuantificación de biomasa aérea mediante la utilización de medidas dasometricas, concluyendo que en esta zona la *Guadua angustifolia Kunth* aporta 82 toneladas por hectarea (Molina y Montealegre, 2018, p. 6).

Sobre esta misma cuenca se realizó un estudio modelo de ordenamiento forestal sostenible productivo para el manejo e industrialización de la guadua, para evaluar el potencial de utilización de la planta sin afectar el medio ambiente. Se estima un área total 418,6 hectáreas de las cuales “Guadua en renuevos o rebrotes aproximadamente el 13,3%, guadua verde alrededor del 31,4%, guadua madura en torno al 50,4% y las existencias en guadua sobre madura están cerca del 4,9%” (Méndez, 2014, p. 2) representando grandes ingresos económicos para la región.

Metodología

Tipo de estudio:

La presente investigación es de carácter cuantitativo, donde se estimó la cantidad de: fibras, grasas, nitrógeno Total NT, fósforo P, calcio Ca, potasio K, sodio Na, magnesio Mg, cobre Cu, manganeso Mn, hierro Fe y zinc Zn.

Mediante el método de extracción Randall se determinó grasa, el método Van Soest se halló fibras, con la metodología Kjeldahl se calculó el contenido de NT, P por el método de colorimetría y por último se precisó el contenido de 8 minerales (calcio Ca, potasio K, sodio Na, magnesio Mg, cobre Cu, manganeso Mn, hierro Fe y zinc Zn) mediante la metodología de espectrofotometría de absorción atómica, para la hoja de *Guadua angustifolia* Kunth en base seca, en la cuenca del río guarapas del municipio de Pitalito Huila.

Enfoque investigativo

Para este tipo de investigación, se realizó dentro del desarrollo de las metodologías con un enfoque de observación cuantitativa, dado que se utilizó medición de variables en un proceso probatorio.

Fuentes y técnicas para recolección de información.

- Se tuvo en cuenta el acopio de información proveniente tanto de fuentes primarias (preparación de muestras), como de fuentes secundarias (libros, revistas).
- El universo (grupo de elementos u objetos que se quiere investigar): rodales de *Guadua angustifolia* Kunth en la cuenca hidrográfica del río Guarapas, municipio de Pitalito, departamento del Huila, Colombia.
- La denominada revisión bibliográfica (primer paso de la metodología utilizada)

- Utilizando plataformas virtuales, se realizó consultas de las bases de datos de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Universidad nacional de Colombia, universidad Nacional de la Plata, Juan D Castellanos Fundación Universitaria, universidad del Quindío, universidad católica “santa teresita de Jesús de Ávila”.
- Consulta de bases de datos: se consultó artículos de revistas indexadas como SCiElo, Dialnet, Nova Scientia, Revista Cubana de Farmacia, revista de investigación, biotecnología vegetal, Scientia Et Technica.
- Consultas en internet: se utilizó buscadores como: Google Scholar y researtchgate
- Recopilación de información suministrada por el Grupo de Investigación del Macizo Colombiano INYUMACIZO, quien investiga los guaduales de la Zona Sur del Departamento del Huila en Colombia.

Tratamiento de información

La obtención de datos se hizo mediante la tabulación de la información recolectada para cada una de las cinco variables, con el fin de obtener la información de forma clara y organizada.

Muestra:

- Se tomó muestra de hoja de *Guadua angustifolia* Kunth en base seca.
- Se clasificó hojas de ramas
- Se trituró en molino Thomas Científic
- Se seleccionó en tamiz de 1mm

Metodologías para determinar, Nitrógeno, grasas, fibras FDN y FDA, fósforo, minerales calcio Ca, potasio K, sodio Na, magnesio Mg, cobre Cu, manganeso Mn, hierro Fe y zinc Zn.

Nitrógeno total, método Kjeldahl

Materiales y equipos

Muestras de guadua, molino Thomas Científico, tamiz 1 mm, balanza analítica Radwag AS 220-R2, Equipo de digestión y destilación Kjeldahl VelpScientifica, tubos Kjeldahl de 100 ml, Beakers de 250 ml, erlenmeyers de 250 ml, probeta de 30 ml, probeta de 15 ml, pipeta de 25 ml, goteros.

NaOH 32%, HCl al 0.03N, indicador tashiro, ácido bórico al 3%, carbonato de sodio, azul de bromotimol, catalizador Kjeldahl, H₂SO₄ concentrado.

Procedimiento

Consta de 3 etapas: digestión, destilación y determinación de volumen

Digestión: en 1 tubo de 100 ml se deposita 1 gr de muestra de *Guadua angustifolia* Kunth, 3 tabletas catalizadoras Kjeldahl y 15 ml de ácido sulfúrico H₂SO₄ concentrado y temperatura de 420°C, durante 1 hora y 10 minutos.

Destilación: Pasados 30 minutos de enfriamiento de la muestra, se toma un erlenmeyers de 250 ml, se agrega 30 ml de ácido bórico al 3% y 5 gotas de indicador tashiro y se lleva a la máquina de destilación semi automático, donde se le adicionan 70 ml de agua y 30 ml de NaOH al 32%, durante 4 minutos hasta que tome tonalidad verde esmeralda.

Determinación de volumen: se toma una pipeta de 25 ml se afora con HCl al 0.03N y se inicia titulación hasta que cambie la tonalidad a naranja claro brillante, se toman datos de volumen.

Preparación de reactivos

Ácido bórico al 3%: en la balanza analítica se pesan 30 gr de ácido bórico, se diluye completamente y se afora en balón a 1 litro de volumen.

Hidróxido de sodio al 32% (para 2 litros): se pesan 640 gr de NaOH se diluye completamente y se lleva a volumen en balón aforado.

Grasas, método Randall

Materiales y equipos: Muestras de guadua, molino Thomas Scientific, tamiz 1 mm, balanza analítica Radwag AS 220-R2, Equipo de extracción VelpScientifica, Crisoles de vidrio, Beakers de 500 ml, probeta de 50 ml, papel filtro de 16 cm, dedal de extracción de 33mm x 88mm libre de grasa, desecador con gel desecante Y Metanol.

Procedimiento

Preparación de crisoles: se lavan muy bien y se secan en horno por 2 horas, se pesan y se toma nota con todos los decimales.

Consta de 3 fases: inmersión, lavado y recuperación.

Inmersión: se toman 2 gr de muestra de guadua, se envuelve en papel filtro y se deposita en un dedal de celulosa, luego se depositan 50 ml de metanol dentro del crisol y se llevan al calentador durante 1 hora a 210 °C.

Lavado: posteriormente se realiza el lavado de las muestras, proceso se realiza durante 1 hora a 210 °C.

Recuperación: el proceso de recuperación del metanol dura 30 minutos, posteriormente se retira el crisol y se deposita en un desecador para enfriamiento de crisoles.

Preparación de reactivo:

Solo se requiere metanol.

Fibras neutras FDN, método Van Soest

Materiales y equipos: Muestras de guadua, molino Thomas Scientific, tamiz 1 mm, balanza analítica Radwag AS 220-R2, Equipo de digestión VelpScientifica, Crisoles vidrio gooch, Beakers de 500 ml, probeta de 100 ml.

Solución detergente neutra, mezcla sulfocromica, sulfito de sodio, octanol.

Procedimiento

Preparación de crisoles: se sumergen en mezcla sulfocromica durante 8 horas, posteriormente se lavan muy bien y se llevan a secado en mufla a 400°C durante 2 horas, posteriormente se depositan dentro de los desecadores para dejar enfriar y se pesan anotando todos los decimales.

Prueba de fuga de crisoles: se ubican todos los crisoles en la máquina de digestión y se les agrega agua caliente, se observa y se corrige la fuga de ser necesario y se repite el procedimiento hasta que todos los crisoles queden sin fugas.

Digestión de la muestra: se toma 1 gr de muestra, se deposita en tubo de digestión, se adicionan 100 ml de solución DN, cinco gotas de octanol y 0,5 gr de sulfito de sodio, se inicia digestión a partir del momento que todas las muestras ebulen por 1 hora a 100°C.

Secado de la muestra: se dejan reposar las muestras dentro de los desecadores y posteriormente se llevan al horno donde permanecen por 8 horas, pasado este tiempo se pesan tomando nota de todos los decimales.

Preparación de reactivos

Solución detergente neutra: pesar 6,81 gr de borato de sodio decahidratado, 18,61 gr de EDTA en vaso de precipitado y disolver en 250 ml de agua desionizada caliente, ya disueltos los compuestos anteriores, se adiciona 30gr de lauril sulfato de sodio neutro y 10 ml de 2-

etoxietanol y disolverlos. Aparte disolver 4,56 gr de fosfato de sodio dibásico anhidro (Na_2PO_4) en 250 ml de agua desionizada caliente. Mezclar las soluciones y llevar a volumen de 1L.

Mezcla Sulfocrómica: se necesitan 50 gr de dicromato de potasio más 100 ml de ácido sulfúrico y se afora a 1 L con agua destilada.

Fibras ácidas FDA, método Van Soest

Materiales y equipos: Muestras de guadua, molino Thomas Scientific, tamiz 1 mm, balanza analítica Radwag AS 220-R2, Equipo de digestión VelpScientifica, Crisoles vidrio gooch, Beakers de 500 ml, probeta de 100 ml.

Solución detergente ácida y octanol.

Procedimiento

Preparación de crisoles: se sumergen en mezcla sulfocromica durante 8 horas, posteriormente se lavan muy bien y se llevan a secado en mufla a 400°C durante 2 horas, posteriormente se depositan dentro de los desecadores para dejar enfriar y se pesan anotando todos los decimales.

Prueba de fuga de crisoles: se ubican todos los crisoles en la máquina de digestión y se les agrega agua caliente, se observa y se corrige la fuga de ser necesario y se repite el procedimiento hasta que todos los crisoles queden sin fugas.

Digestión de la muestra: se toma 1 gr de muestra, se deposita en tubo de digestión, se adicionan 100 ml de solución DA, cinco gotas de octanol, se inicia digestión a partir del momento que todas las muestras ebulen por 1 hora a 100°C .

Secado de la muestra: se dejan reposar las muestras dentro de los desecadores y posteriormente se llevan al horno donde permanecen por 24 horas, pasado este tiempo se pesan tomando nota de todos los decimales.

Preparación de reactivos

Solución detergente ácida: Prepara 1 litro de ácido sulfúrico 1N y pasarlo a beaker de 1000 ml y agregar 20 gr de Cetiltrimetilamonio bromuro (CTAB), dispersarse y dejarlo en reposo durante 24 horas tapado.

Ácido sulfúrico 1N: En balón aforado de 1000 ml agregar 300 ml de agua desionizada, luego agregar con cuidado y despacio 27.8 ml de ácido sulfúrico puro, disolver con agitación y completar a 1000 ml con agua desionizada.

Mezcla Sulfocrómica: se necesitan 50 gr de dicromato de potasio más 100 ml de ácido sulfúrico y se afora a 1 L con agua destilada.

Fósforo por colorimetría

Materiales y equipos: Muestras de guadua, molino Thomas Científico, tamiz 1 mm, balanza analítica Radwag AS 220-R2, espectrofotómetro, Crisoles porcelana, pipeta, plancha, pipeteador, cabina de extracción, papel filtro, balones de 50 ml.

Ácido perclórico, ácido nítrico, ácido clorhídrico, agua desionizada, solución extractora, molibdato de amonio, metavanadato de amonio, mezcla sulfocrómica, solución color, solución extractora, solución patrón de fósforo.

Procedimiento

Preparación de crisoles: se sumergen los crisoles en mezcla sulfocromica durante 4 horas, se lavan muy bien y se secan.

Digestión: depositar 0,25 gr de muestra en el crisol, dentro de la cabina de extracción adicionar 3 ml de HNO₃, se calienta en la plancha a 150°C por 30 minutos. Luego dejar enfriar por 20 minutos (sin apagar la plancha solo bajar temperatura) pasado este tiempo adicionar el

ácido perclórico, volver a calentar a 220°C durante 1 hora (hasta que salga humo blanco y el líquido se torne blanco).

Dejar enfriar durante 20 minutos (apagar la plancha), luego adicionar 3 ml de ácido clorhídrico y filtrar, finalmente aforar a 50 ml con agua des ionizada.

Se realiza calibración de patrón de curva y se realiza lectura con 1 ml de muestra.

Preparación de reactivos

Solución coloración: a) pesar 5, 135 g de molibdato de amonio + 50 ml de agua des ionizada + 22,5 ml de HCL.

b) Pesar 0,285 g metavanadato de amonio + 30 ml de agua des ionizada + 22,5 ml de HCL.

Unir a + b y aforar a 250 ml con agua des ionizada.

Solución extractora: 7,5 ml de HNO₃ + 7,5 ml de HCL + 5 ml de Ácido perclórico HClO₄ aforar a 250 ml con agua des ionizada.

Solución patrón de fósforo: pesar 0,1095 g potasio monobásico en 20 ml de agua desionizada + 1,5 ml de HNO₃ + 1,5 ml HCL + 1 ml de HClO₄ aforar a 500 ml con agua des ionizada.

Sacar una alícuota de 100 ml de solución madre y aforar a 250 ml con agua des ionizada.

Minerales por espectrofotometría de absorción atómica (Ca, K, Na, Mg, Cu, Mn, Fe, Zn)

Materiales y equipos: Muestras de guadua, molino Thomas Scientific, tamiz 1 mm, balanza analítica Radwag AS 220-R2, espectrofotómetro, Crisoles porcelana, pipeta, plancha, pipeteador, cabina de extracción, papel filtro, balones de 50 ml.

Ácido perclórico, ácido nítrico, ácido clorhídrico, agua desionizada, mezcla sulfocromica.

Procedimiento

Digestión: depositar 0,25 gr de muestra en el crisol, dentro de la cabina de extracción adicionar 3 ml de HNO₃, se calienta en la plancha a 150°C por 30 minutos. Luego dejar enfriar por 20 minutos (sin apagar la plancha solo bajar temperatura) pasado este tiempo adicionar el ácido perclórico, volver a calentar a 220°C durante 1 hora (hasta que salga humo blanco y el líquido se torne blanco).

Dejar enfriar durante 20 minutos (apagar la plancha), luego adicionar 3 ml de ácido clorhídrico y filtrar, finalmente aforar a 50 ml con agua des ionizada.

Se toma 1 ml y se lleva al equipo de lectura, se hacen diluciones según los resultados de la curva. Las cuales se especifican en los resultados.

Preparación de reactivos

Mezcla sulfocrómica: se necesitan 50 gr de dicromato de potasio más 100 ml de ácido sulfúrico y se afora a 1 L con agua destilada.

Solución ácido clorhídrico 3%.

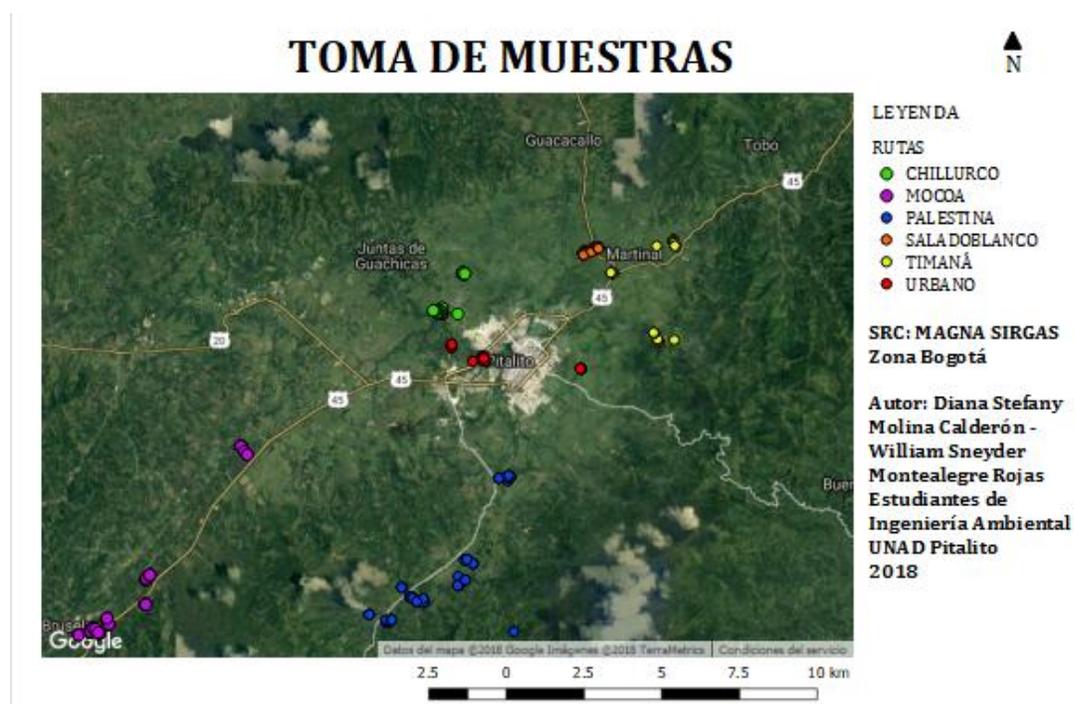
Resultados

Toma de muestras

Las muestras se tomaron del proyecto: Cuantificación de biomasa aérea utilizando medidas dasométricas para la guadua (*Guadua Angustifolia* Kunth) en la cuenca hidrográfica del río Guarapas en el municipio de Pitalito Huila, como aporte a la cuantificación de captura de carbono orgánico en guaduales. Estas muestras de Guadua fueron recolectadas utilizando el método directo o destructivo en las 6 rutas propuestas en el proyecto titulado “Cuantificación de biomasa aérea utilizando medidas dasométricas en la cuenca hidrográfica del río Guarapas en el municipio de Pitalito Huila”; Posteriormente, fueron secadas por 48 horas a 50°C. Una vez secas se tomaron completamente al azar 12 muestras de hoja de guadua para realizar la metodología propuesta en el presente estudio de investigación.

Figura 1.

Georeferenciación de los puntos de muestreo



El gráfico muestra los puntos georeferenciados de cada una de los rodales. Tomado de *trabajo de grado* (p.33), por Molina y Montealegre, 2018.

Preparación de las muestras

- Se tomaron las muestras de hoja en base seca, se separaron completamente de las ramas, dejando solo la lámina foliar.
- Posteriormente las muestras se trituraron en molino Thomas Científico, el cual contenía el tamiz de 1mm, siendo este el adecuado para procesar muestras de forraje.

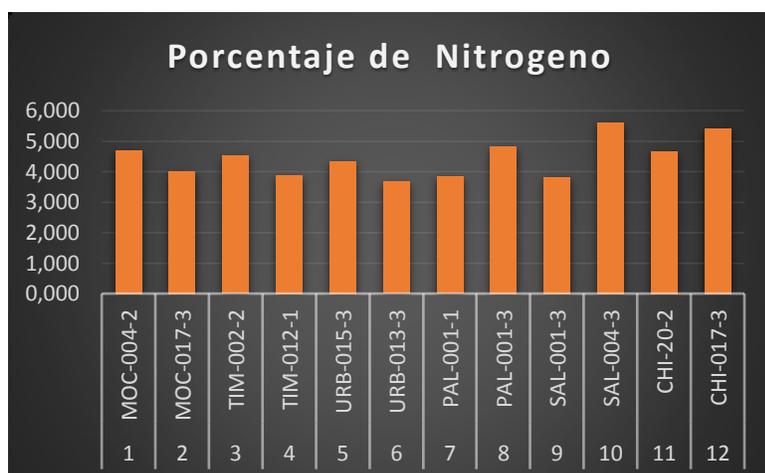
Caracterización de nitrógeno total (NT), grasas, fibras y fósforo (P)

Nitrógeno (N)

Para Determinar el contenido de nitrógeno (N) en hojas de Guadua (*Guadua angustifolia* Kunth), se utilizó la metodología Kjeldahl, encontrando que para la zona de estudio se encuentra en 5,62 y 3,67 % tal como se muestra en la figura 2. Siendo la ruta de Saladoblanco la que cuenta con la mayor cantidad y la ruta Urbana la que menor contenido presenta de este importante nutriente. Este factor diferencial puede estar asociado a las labores agrícolas, dadas las aplicaciones indiscriminadas de fertilizantes nitrogenados sin fundamento, en un análisis de suelo, como también al clima, tal como lo afirma el (Ministerio de agricultura y ganadería [MAG], *et al.*, 2013) que la materia orgánica disminuye o aumenta en función del clima, a menor temperatura mayor contenidos de materia orgánica y por ende mayores contenidos de Nitrógeno ya que esta es la principal fuente natural de producción de este importante elemento.

Figura 2.

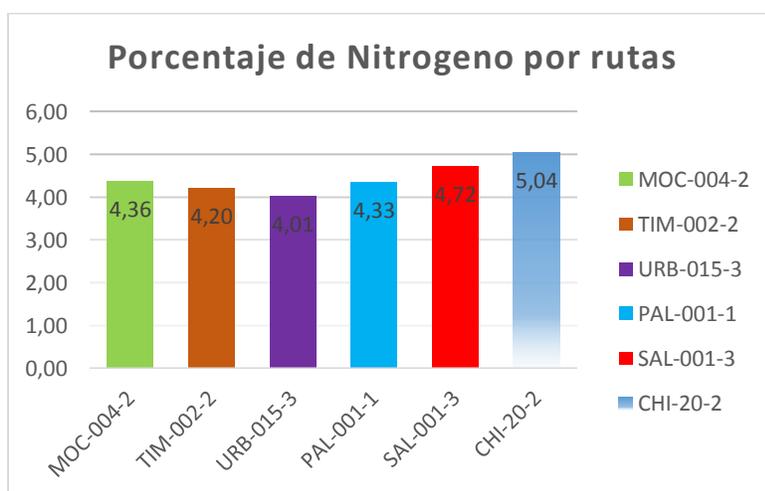
Porcentaje de nitrógeno (N) total



Así como lo muestra la figura 3, para las rutas establecidas se encontró diferencia del 0,9% entre las rutas de Saladoblanco y Chillurco, teniendo predominancia las rutas de influencia agrícola.

Figura 3.

Contenido de nitrógeno por rutas

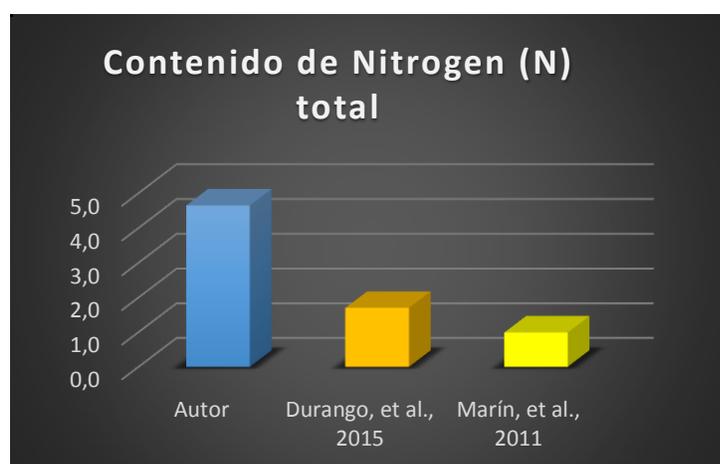


Tal como lo refiere la figura 4, se puede inferir que el porcentaje de nitrógeno (N) en las hojas de la Guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) bajo las condiciones de la cuenca hidrográfica

del río Guarapas es superior en un 2,9 %, versus la guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) cultivada de forma tecnificada en la vereda de Maracaibo del municipio de Trujillo en el Valle del Cauca. Si se observa el contenido de nitrógeno en la plantación de Campo Experimental de la Fundación para la Investigación Agrícola DANAC (San Javier, estado Yaracuy, Venezuela) se puede observar que el contenido de nitrógeno de la guadua es tan solo un 0,71% inferior a la plantación de Maracaibo, Valle del Cauca, lo que permite concluir que el nitrógeno tiene una mayor expresión para la cuenca estudiada en rodales a libre crecimiento.

Figura 4.

Contenido de Nitrógeno Total NT

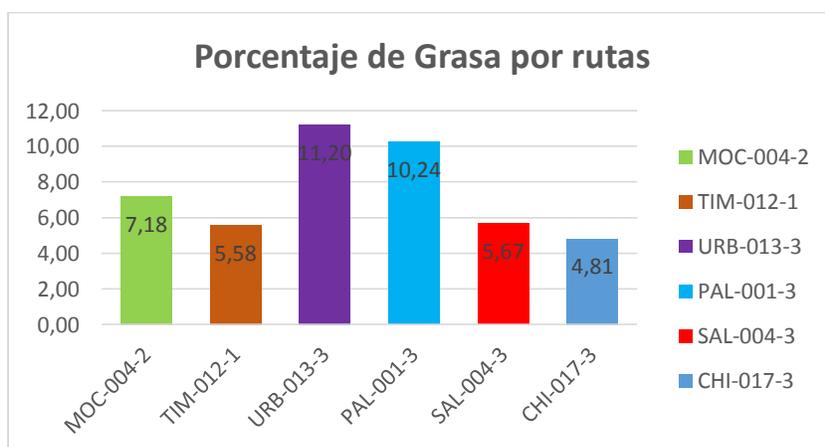


Grasa

Mediante la metodología de inmersión de Randall, se precisó el contenido de grasas en hojas secas de *Guadua angustifolia* Kunth, como lo indica la figura 5, está entre un 12,09 y 3,04 %, siendo la ruta Urbana con mayor contenido y la ruta Chillurco con menor cantidad de esta sustancia.

Figura 5.*Porcentaje de grasa*

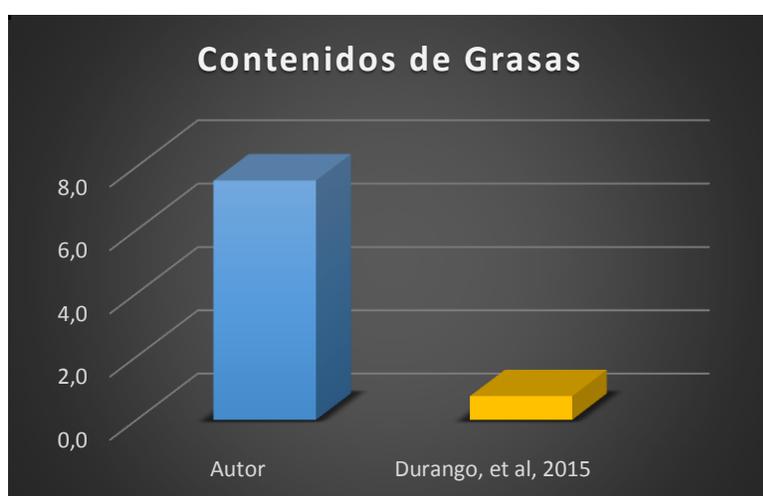
Si se observa la figura 6, el promedio del contenido de grasas es del 6,8%, siendo la ruta urbana la que mayor contenido muestra con un 11,20%, seguida de la ruta de palestina con un 10,24% y con un 7,18% sigue en el escalafón la ruta de Mocoa, las rutas de Saladoblanco y Timana tienen un 5,67 y 5,58% respectivamente, por último pero no menos importante esta la ruta de Chillirco con un 4,81%.

Figura 6.*Promedio del contenido de grasa por rutas*

En relación con los datos establecidos por Durango, *et al.*, (2015) tal como lo muestra la figura 7, se observa diferencia del 2,9 % más, para los rodales de la cuenca estudiada. Este puede estar asociada a las condiciones climáticas y de cultivo que se maneja para los guaduales de Maracaibo Valle del Cuaca, dado que bajo las condiciones edafoclimáticas de la cuenca los guaduales se encuentran en rodales a libre crecimiento.

Figura 7.

Contenido de grasa

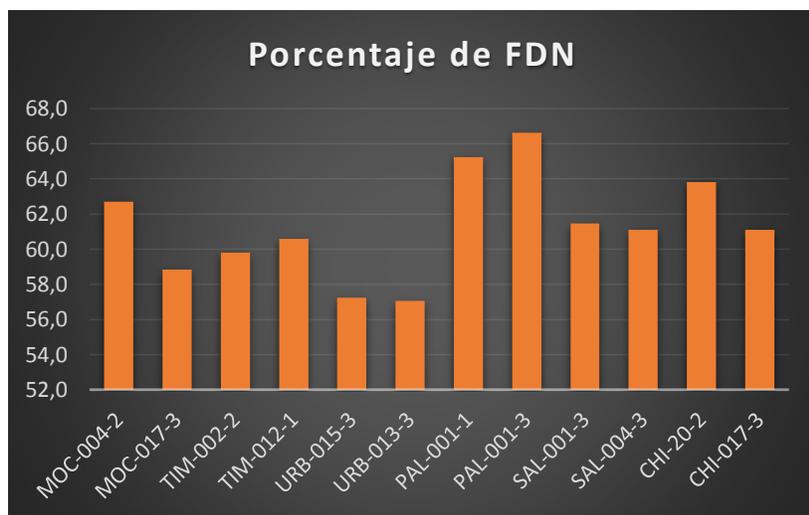


Fibras

Utilizando la metodología Van Soest, para la obtención de FDN en las hojas secas de *Guadua angustifolia* Kunth, se encontró que, el registro más alto es para la ruta de Palestina con un 66,6% y la más baja tiene un 57,0 % que corresponde a la ruta Urbana, así se ve reflejado en la figura 8.

Figura 8.

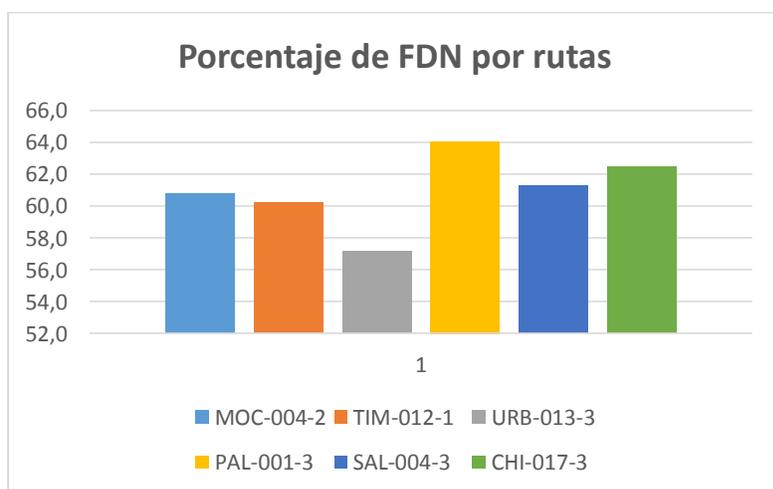
Porcentaje de fibras en detergente neutro FDN



La figura 9, muestra el promedio de FDN, por rutas, para la zona de estudio es de 61,8%, teniendo la ruta de Palestina con el mayor contenido, de 64,0% y la ruta Urbana con menor porcentaje con un 57,1%. La ruta Chillurco le sigue con 62,5%, continua Saladoblanco con un 61,3% y las rutas Mocoa y Timana con un 60,8 y 60,2 % respectivamente.

Figura 9.

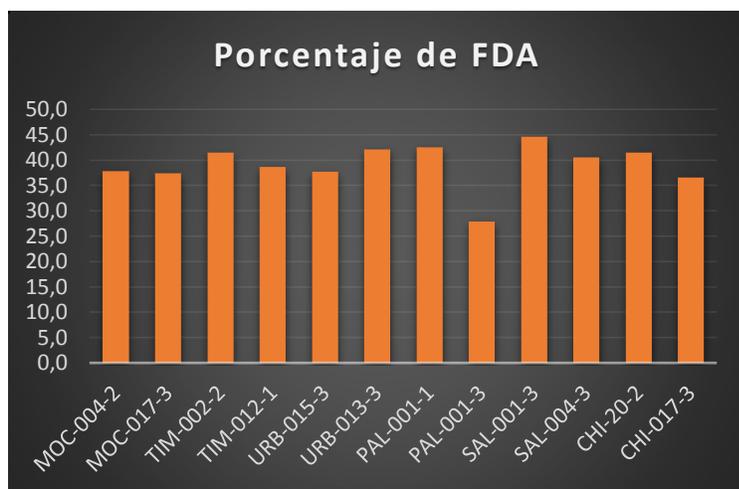
Porcentaje de fibras en detergente neutro por rutas



Por medio de la misma metodología se determinó la fibra en detergente acida FDA, como lo muestra la figura 10, la mayor concentración se encuentra en la muestra SAL-001-3 con el 44,6%, por otra parte la muestra PAL-001-3 27,1 mostro el menor contenido.

Figura 10.

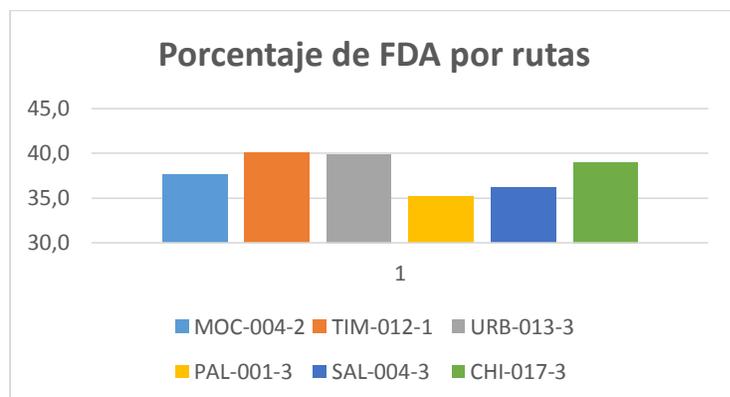
Porcentaje de fibras en detergente acida FDA



Para las rutas establecidas en la cuenca hidrográfica estudiada, la figura 11 muestra que, el promedio de FDA es de un 36,2% siendo la ruta Timana la que mayor contenido presenta, con un 40,0%, seguida de las rutas Urbana y Chillurco con un 39,9 y 39,0% respectivamente. Para la ruta Mocoa se encuentra en un 37,6%, salado blanco con un 36,2%, finalmente palestina con un 35,2%.

Figura 11.

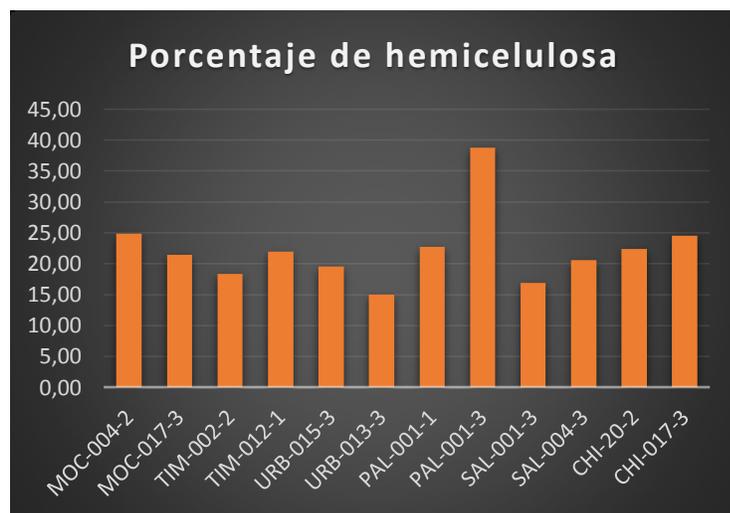
Promedio de fibras en detergente acida por rutas



En la figura 12, se puede apreciar que la hemicelulosa está entre un 14 y 38%, siendo la muestra de Palestina la que mayor contenido presenta y la muestra Urbana la del menor porcentaje.

Figura 12.

Contenido de hemicelulosa

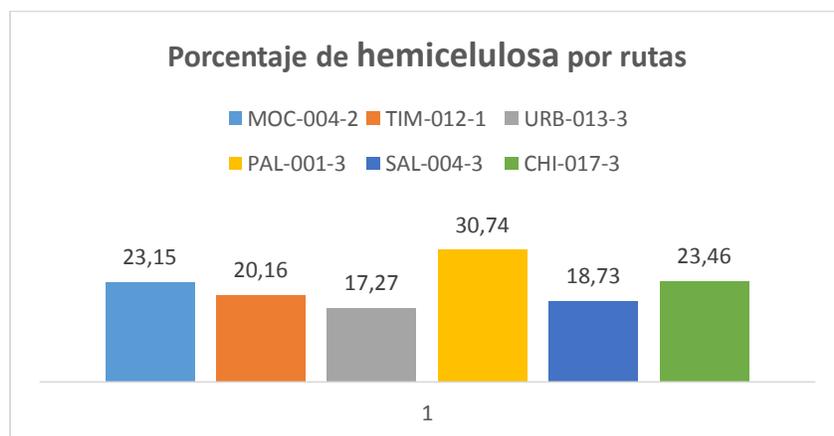


Se aprecia en la figura 13, que la hemicelulosa se encuentra en un promedio de 26,9%, predominando la ruta de Palestina con un 30,74%, seguida por las rutas Chillurco y Mocoa las

cuales se encuentran muy parejas, entre un 23,46 y 23,15% respectivamente. La muestra Timana contiene el 20,16% y la ruta Saladoblanco con un 18,73%, también se puede inferir que la ruta Urbana es la de menor contenido, con un 17,27%.

Figura 13.

Promedio de hemicelulosa

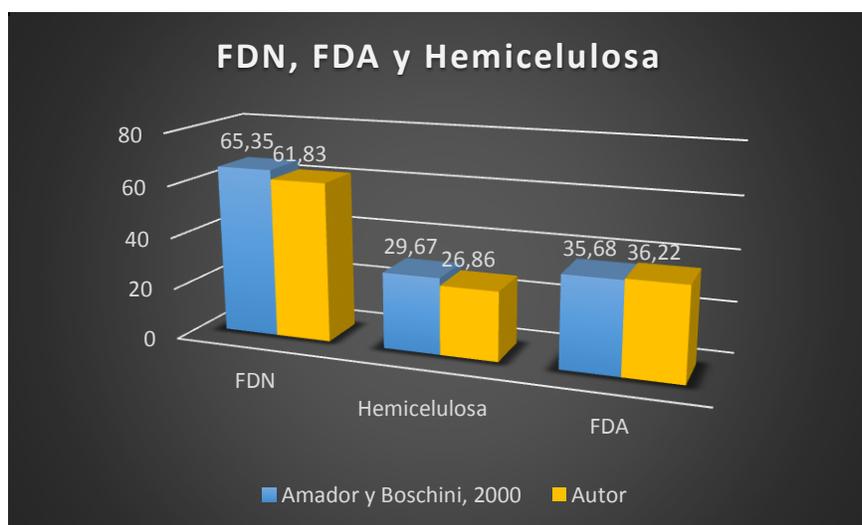


Así como se puede apreciar en la figura 14, el contenido de FDN, FDA y Hemicelulosa, de la hoja de la *Guadua angustifolia* Kunth, en relación con los contenidos de estos en el cultivo de maíz con 149 días de madurez. Están estrechamente relacionadas dado que FDN en las hojas de guadua es tan solo 3,52% menor frente al contenido de las hojas de maíz. Por otra parte FDA es 0,54% mayor para las hojas de guadua en relación con el contenido de las hojas de maíz. El contenido de hemicelulosa en las hojas de maíz es 2,81% mayor al contenido de las hojas de guadua.

Se encuentra que entre estas dos poaceas hay una similitud muy estrecha entre los contenidos de FDN FDA y Hemicelulosa. Muy a pesar que las edades de madurez difieren por años, siendo el maíz un cultivo de ciclo corto y la guadua una planta perenne, la cual fue muestreada en diversas edades.

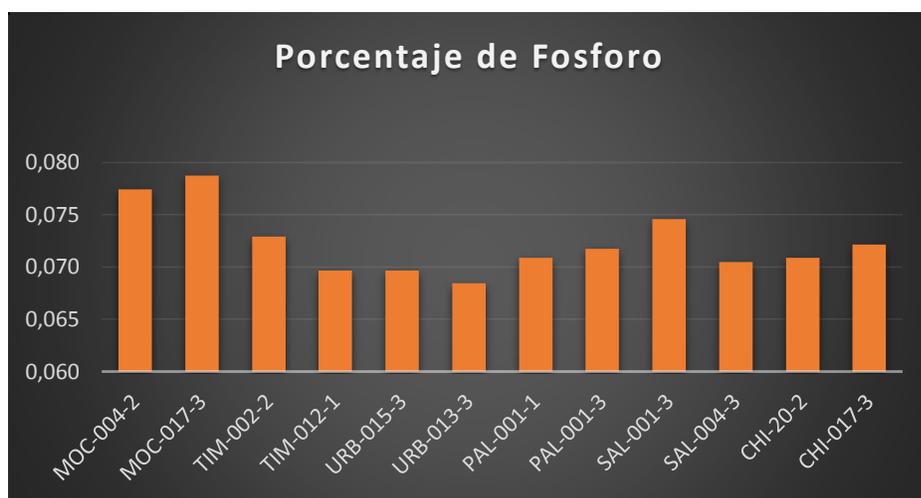
Figura 14.

Contenido de FDN, FDA y hemicelulosa

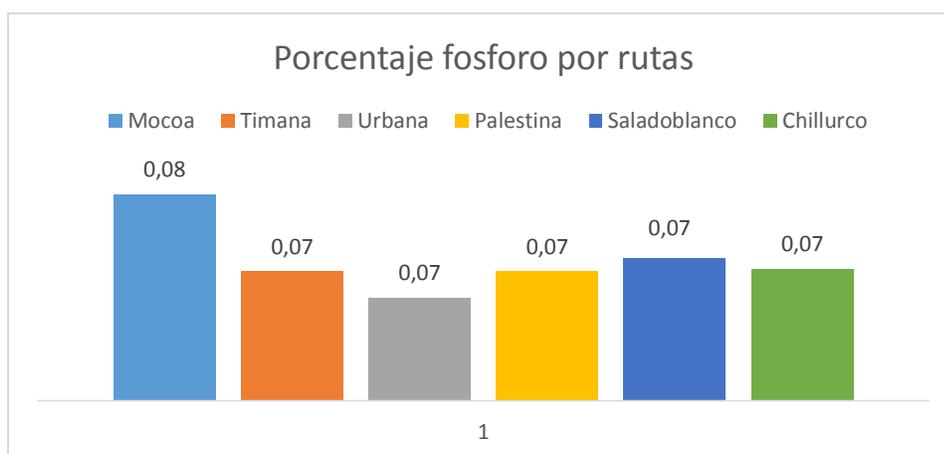


Fosforo (P)

Mediante la metodología de colorimetría se determinó el contenido de fosforo (P) en las hojas de *Guadua Angustifolia* Kunth, encontrando mayor contenido en la muestra MOC-017-3 con el 0,079% y la muestra URB-013-3 0,068% con el menor contenido de este elemento. Así lo muestra la figura 15.

Figura 15.*Porcentaje de fosforo*

Así como se puede apreciar en la figura 16, donde se plasma el porcentaje de Fosforo por rutas, evidenciando que para la ruta de Mocoa esta la mayor concentración, con un 0,08%, seguida de las rutas: Timana, Urbana, Palestina, Saladoblanco y Chillurco con un 0,07% respectivamente.

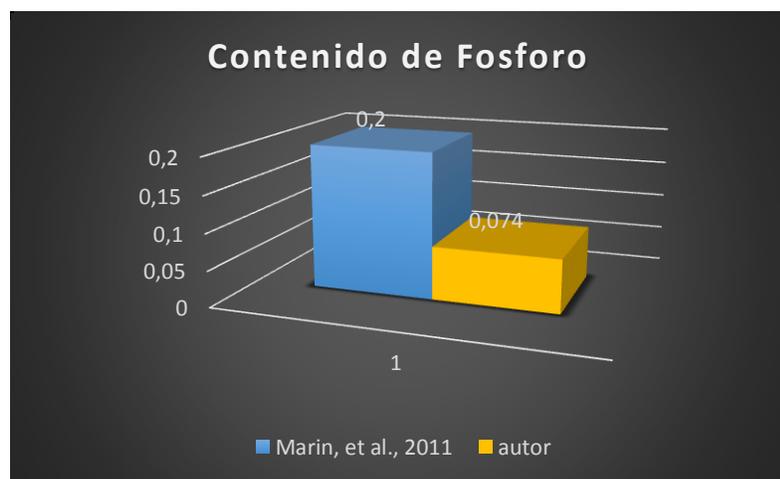
Figura 16.*Promedio de fosforo por rutas*

La relación del contenido de fosforo por rutas, arrojo que este elemento tiene un 0,126%

en mayor concentración para los autores que las encontradas en la cuenca objeto de estudio. Se puede apreciar en la figura 17.

Figura 17.

Contenido de fosforo

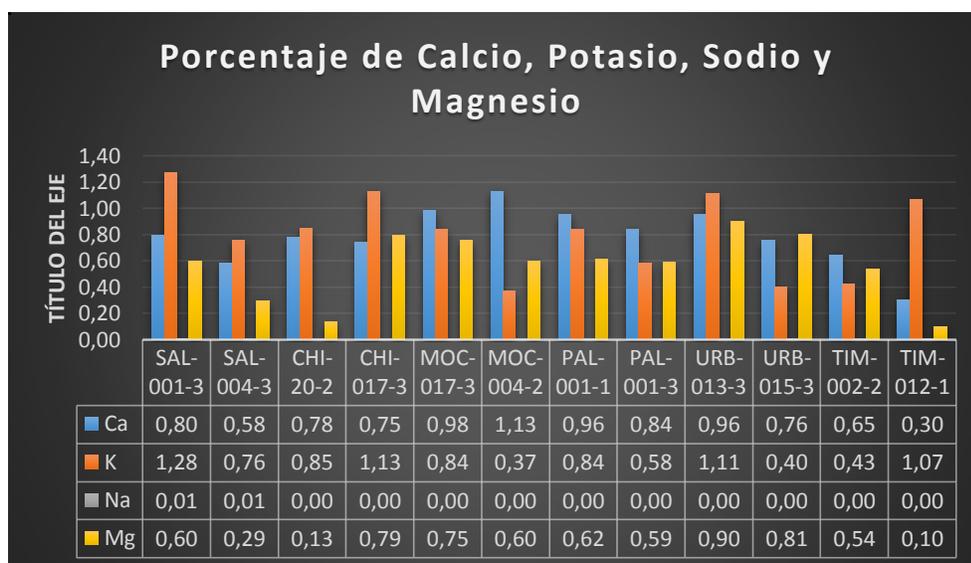


Espectrofotometría de absorción atómica elementos mayores: calcio Ca, potasio K, sodio Na, magnesio Mg

Para determinar el contenido de 8 minerales en la hoja de Guadua (*Guadua angustifolia* Kunth), se aplicó metodología de espectrofotometría de absorción atómica, encontrando que el porcentaje de Calcio es representativo en la muestra MOC-004-2 con el 1,13%, mientras que el contenido de potasio mostro su mayor expresión en la muestra SAL-001-3 con 1,28%. Por su parte el magnesio se encuentra en mayor proporción en la muestra Urbana con un 0,90%. La menor presencia de estos elementos en las rutas fueron: para la muestra TIM-012-1 un 0,30%, para el potasio la muestra MOC-004-2 con un 0,37%, el sodio no representa ningún valor para ninguna de las muestras, por otra parte el menor valor de magnesio está en la muestra TIM-012-1. Así se puede observar en la figura 18.

Figura 18.

Porcentaje de calcio, potasio, sodio y magnesio en hojas de *Guadua angustifolia* Kunth)

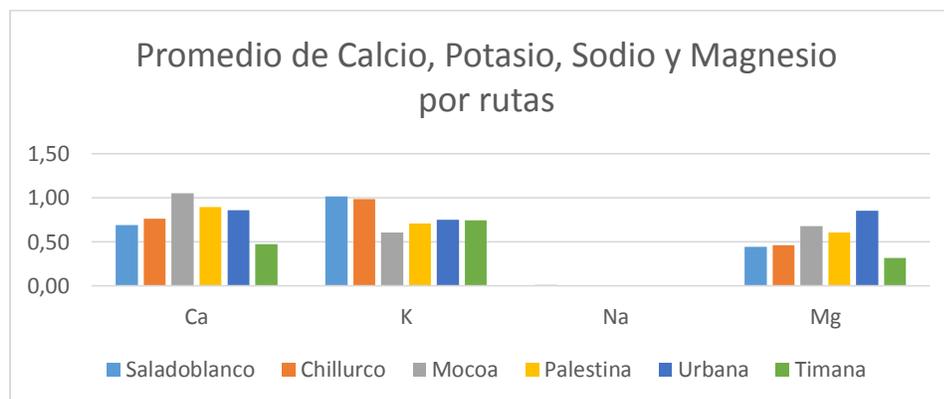


Como se observa en la figura 19, el comportamiento del Ca, la ruta Mocoa aporta 1,06%, seguida por la ruta Palestina con un 0,90%, continua la ruta Urbana con un 0,86%, la ruta Chillurco con un 0,76%, la ruta Saladoblanco con un 0,69% y por último la ruta Timana con un 0,47%. El porcentaje del Potasio tiene a la ruta de Saladoblanco en el primer lugar con 1,02%, le sigue la ruta de Chillurco con el 0,99%, las rutas Urbana y Timana con una concentración igual del 0,75% respectivamente. La ruta Palestina tiene el 0,71% y finalmente el menor contenido está en la ruta Mocoa con un 0,61%.

Por su parte el magnesio está en la ruta Urbana con el 0,85%, seguido de la ruta Mocoa con el 0,68%, la ruta palestina con el 0,60%, para las rutas de Chillurco y Saladoblanco tienen el 0,46 y 0,44% respectivamente, por ultimo esta la ruta de Timana con el menor contenido de este importante nutriente con el 0,32%.

Figura 19.

Promedio de Ca, K, Na y Mg en hojas de Guadua angustifolia Kunth por rutas

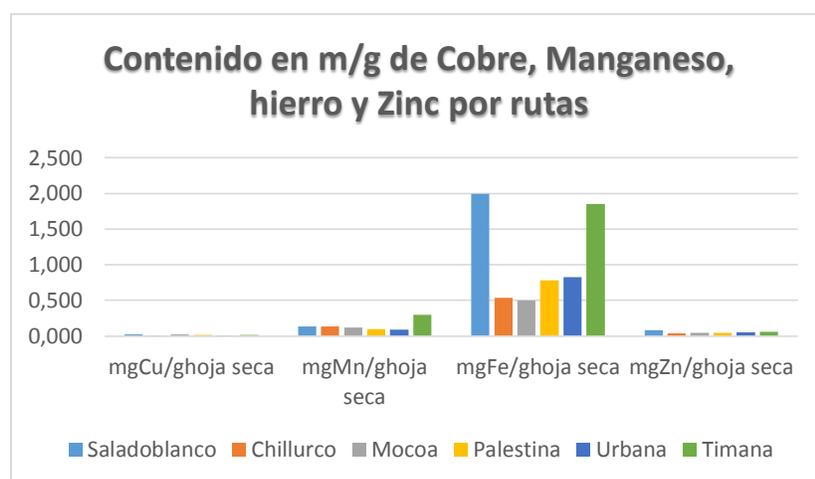


Así como se muestra la figura 20, el valor para el Calcio, de los autores es 0,18% mayor que el contenido en la cuenca objeto de estudio. En cambio el contenido de Potasio y Magnesio es mayor para la cuenca que para los autores, teniendo un 0,39% más respectivamente para cada elemento. Estos tres elementos importantes para la agricultura, muestran una considerable diferencia entre los resultados obtenidos por Marín, *et al.*, (2011) y los rodales de la cuenca estudiada, especialmente en los elementos Potasio y Magnesio, puede estar asociadas a las condiciones edafoclimáticas de la cuenca, no se manejan densidades de siembra dado que son rodales de libre crecimiento, algunos ubicados sobre la vega del río Guaparapas otros aledaños a cultivos, a diferencias de las plantaciones tecnificadas referidas por los autores.

Dentro de las rutas establecidas para la cuenca se observa en la figura 22, que el contenido del cobre tiene su mayor expresión en las rutas Saladoblanco y Mocoa con 0,021 mg/g de hoja seca, así como su menor expresión en la ruta Urbana con 0,011mg/g de hoja seca. El manganeso está presente en mayor cantidad en la ruta Timana con 0,297 mg/g y en menor valor en la ruta Urbana 0,093 mg/g de hoja seca. Por otra parte el Hierro está presente en mayor proporción en la ruta Saladoblanco con 1,994 mg/g de hoja seca y la menor en la ruta Mocoa con 0,500 mg/g de hoja seca, finalmente esta la ruta de Saladoblanco con la mayor concentración de Zinc estando en 0,083mg/g de hoja seca y la ruta de menor concentración es la ruta Chillurco con 0,042 mg/g de hoja seca.

Figura 22.

Contenido de cobre Cu, manganeso Mn, hierro Fe y zinc Zn por rutas



Análisis de resultados

Tabla 4.

Resumen elementos mayores encontrados en la hoja de *Guadua angustifolia* Kunth

	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Na</i>
	%					
<i>Cuenca Hidrográfica Rio Guarapas</i>	4,44	0,07	0,80	0,79	0,56	0,00
<i>Marín, et al., (2011)</i>	0,99	0,20	0,43	0,89	0,11	-

De la tabla 4, se puede inferir que la hoja de la *Guadua angustifolia* Kunth en base seca, contiene los minerales Nitrógeno, Potasio y Magnesio, en concentraciones muy por encima a las halladas en las plantaciones tecnificadas del campo experimental de Yaracuy Venezuela por Marín, *et al.*, (2011). Por su parte el fosforo y el calcio están en menor cantidad.

Estas diferencias pueden estar asociadas a las condiciones climáticas las cuales influyen de forma directa en la descomposición de la materia orgánica, definiendo la velocidad de descomposición, la formación de nutrientes a partir de la materia orgánica fresca como es el caso del Nitrógeno (MAG, *et al.*, 2013). Ya que el campo tecnificado de Yaracuy Venezuela está situada en zona cálida seca, con precipitaciones media anual de 730,4 mm, mientras el campo tecnificado de Maracaibo, Valle del Cauca cuenta con precipitaciones medias anuales de 1189 mm, denotando una gran diferencia en las precipitaciones media anual para la cuenca hidrográfica del rio guarapas las cuales están en 1700 mm (Durango, *et al.*, 2015; Marín, *et al.*, 2011; Méndez, 2014).

La formación del suelo, también juega un papel fundamental, dado que los suelos de Pitalito son aluviales y fluvio-lacustres (Universidad nacional de Colombia (UNAL), 1999)

Otro factor de inferecnias para tales discrepancias, estaran asociadas al hecho que, en la cuenca los guaduales se encuentran dispuestos en rodales, es decir a libre crecimiento, mientras que los guaduales de los estudios tomados como referencia dispuesto en cultivos tecnificados.

Tabla 5.

Resumen elementos menores encontrados en la hoja de Guadua angustifolia Kunth

<i>Mg/g</i>			
Cu	Mn	Fe	Zn
0,02	0,15	1,08	0,05

Por su parte la tabla 5, muestra el contenido de elementos menores como lo son el cobre, manganeso, hierro y Zinc, los cuales son minerales que tienen su origen directamente en la formación del suelo a partir de la meteorización, por acción del clima, por tal motivo son directamente proporcionales a estos y dependen de la acción del clima para su formación y distribución (Infoagro, s.f, parr.11-13)

Tabla 6.

Resumen concentraciones bromatológicas en la hoja de Guadua angustifolia Kunth

	%			
	Grasa	FDN	FDA	Hemicelulosa
<i>Cuenca Hidrográfica Rio Guarapas</i>	7,45	60,98	37,99	22,25
<i>Amador y Boschini, (2000)</i>	-	65,35	35,68	29,67
<i>Durango, et al., (2015)</i>	0,8	-	-	-

En cuanto al contenido de grasa, el cual es mayor en un 6,8% a la concentración hallado por (Durango, et al., 2015). Esta discrepancia es negativa para efectos de aportes a la producción

de materia orgánica ya que este es un compuesto hidrófobo, por lo tanto define la velocidad de descomposición de las hojas, a mayor cantidad de grasas menor celeridad en el proceso de descomposición (Universidad Nacional de Cordoba (UNC), s.f).

En cambio la fibra encontrada en las hojas de *Guadua angustifolia* Kunth están directamente proporcionales a las encontradas en las hojas de Maíz con 149 días de madurez, hallados por Amador y Boschini, (2000). Se sabe que las guaduas muestreadas en cada rodal tenían edades diversas, sin embargo se observa una notable relación en estas dos gramíneas. Siendo las fibras muy importantes al inicio de proceso de descomposición, ya que estas al ser cadenas de polímeros, que al entrar en contacto con los microorganismos del suelo, rompen dichas cadenas formando así monómeros que servirán de alimento para otros microorganismos dentro de la descomposición (UNC, s.f).

Conclusiones

En la hoja de la *Guadua angustifolia* Kunt, se halló contenidos de fibras en proporción igual al maíz sin importar la madurez fisiológica de las hojas, por lo cual se puede considerar la hojarasca como una fuente importante para el mejoramiento de los suelos en su composición química, siendo utilizada como materia prima para la elaboración de abonos orgánicos tipo compost o como abonos verdes.

Por su parte se evidencio que las grasas se encuentran en alto contenido, lo que implica una desventaja dentro del proceso de descomposición, pues este al ser un elemento hidrófobo tiene poca celeridad dentro de este proceso. Sin embargo el N y el P se encuentran en relaciones muy favorables para brindar aportes al suelo, enriquecerlo y hacerlo más fértil, aportando a la producción de carbono orgánico y el mejoramiento del pH, la CIC y la saturación de bases, factores fundamentales para la producción.

Para los 8 minerales analizados, se consideran de gran importancia los contenidos de Ca, K, y Mg, elementos que también hacen parte de los elementos mayores y Cu, Mn, Fe y Zn como elementos menores, los cuales están presentes en cantidades valiosas para el enriquecimiento de cualquier compost, para el mejoramiento del suelo, aportando a la fertilidad y productividad de los cultivos en general. Finalmente se pudo inferir que la hoja de la guadua no posee sodio, razón por la cual es favorable para el suelo y su composición química, ya que no se alterara el equilibrio que debe existir entre las bases intercambiables del suelo.

Recomendaciones

Dejar de ver la biomasa aérea de la guadua, como un simple desecho después de cosechado el culmo de esta planta para fines de construcción o tutorado de cultivos, e iniciar procesos de compostajes fermentados tipo bocashi, para enriquecerlo con los minerales que esta posee, para el acondicionamiento del suelo.

Promover la realización de proyectos de investigación científica acordes con las necesidades de la región, para evaluar los diferentes aspectos asociados a los guaduales, así determinar su uso y/o aplicación.

Realizar investigación de profundización en el aporte de la guadua *Guadua angustifolia* Kunth al suelo, como la determinación del tiempo de descomposición y la concentración de los elementos analizados después de este proceso, para así medir su disponibilidad.

Esta investigación también queda abierta para continuar la experimentación en la bromatología, así poder determinar sus aportes nutricionales para posible alimento animal, dado que las concentraciones de hemicelulosa son muy similares a las del maíz, donde este es ampliamente utilizado como banco de proteína.

Mediante capacitaciones, días de campo, demostraciones de método, transmitir el conocimiento adquirido a los moradores de la región, para mostrarles como un subproducto que actualmente se considera como basura y no se le presta atención, sea tenga en cuenta dentro de los procesos de preparación de abonos orgánicos y abonos verdes, para el mejoramiento de las propiedades de los suelos.

Bibliografía

- Aguirre Cadena, J. F., Ramírez Valverde, B., Cadena Íñiguez, J., Caso Barrera, L., Juárez Sánchez, J. P., & Martínez Carrera, D. C. (2018). Posibilidades del bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) para la alimentación humana en la Sierra Nororiental de Puebla, México. *Nova Scientia revista de investigacion de la De La Salle Bajío (México)*, 10(2), 137 – 153.
doi:doi.org/10.21640/ns.v10i21.1425
- Alconada Magliano, M. M., Lanfranco, J. W., & Pellegrini, A. E. (2017). *Suelo en el paisaje Parte I*. Obtenido de Universidad Nacional de la PLata condiciones de dotacion:
<https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/download/861/851/2836-1>.
- Amador, A. L., & Boschini, C. (2000). Fenología productiva y nutricional de maíz para la producción de forraje. *Agronomía mesoamericana*, 11(1), 171-177. Recuperado el Marzo de 2020, de http://www.mag.go.cr/rev_meso/v11n01_171.pdf
- Barrera, J., Cruz, M., & Melgarejo, L. M. (s.f). Nutrición mineral. En *Nutrición mineral* (págs. 79-106).
- Deaquiz Oyola, Y. A., & Moreno Medina, B. L. (2016). *Producción y biosíntesis de fibras vegetales. una revisión*. Obtenido de Juan D Castellanos Fundacion Universitaria:
<https://www.jdc.edu.co/revistas/index.php/conexagro/article/download/53/51/>
- Durango Álvarez, E. S., Gallardo Cabrera, C., & Contreras Contreras, A. (2015). Estudios para el aprovechamiento potencial de hojas de *Guadua angustifolia* Kunth (Poaceae), para el sector cosmético. *Revista Cubana de Farmacia*, 49(3), 535-542.
- Infoagro. (s.f). *Macro-, micronutrientes y metales pesados presentes en el suelo*. Obtenido de Infoagro:
https://www.infoagro.com/documentos/macro___micronutrientes_y_metales_pesados_presentes_suelo.asp
- Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura [Intagri]. (s.f). *El Manganeso en la Nutrición Vegetal*. Obtenido de Intagri: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/el-manganeso-en-la-nutricion-vegetal>
- Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura [Intagri]. (s.f). *Fijación de potasio en el suelo*. Obtenido de Intagri: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/fijacion-de-potasio-en-el-suelo>
- Londoño, X. (2011). El bambú en Colombia. *Biotecnología vegetal*, 11(3), 143 - 154.
- Marín, D., Guedez, Y., & Márquez de Hernández, L. (2011). Las plantaciones de guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) y bambú (*Bambusa vulgaris* Schrad.) de San Javier, estado Yaracuy, Venezuela. II. Aporte de nutrientes y descomposición de la hojarasca. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 185-204. Recuperado el 23 de Agosto de 2019, de http://www.doc-developpement-durable.org/file/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/FICHES_ARBRES/bambou/Guadua%20angustifolia%20Kunth_Revista%20de%20la%20Facultad%20de%20Maracay_Venezuela.pdf

- Mateos, G. G., Rebollar, P. G., & Medel, P. (1996). *Utilización de grasas y productos lipídicos en alimentación animal: grasas puras y mezclas*. Obtenido de http://fundacionfedna.org/sites/default/files/96CAP_I.pdf
- Méndez Pedroza, N. M. (2014). *diagnóstico de guaduales y propuesta de un modelo de ordenamiento forestal sostenible productivo para el manejo e industrialización de la guadua (guadua angustifolia kunt), con participación comunitaria en la cuenca hidrográfica del río guarapas, zona sur*. Recuperado el 2019, de Universidad Catolioca De Avila UCAV: <https://ucav.odilotk.es/opac/?id=00045859#fichaResultados>
- Ministerio de agricultura y ganadería [MAG], Gobernación del departamento central [GDP], y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2013). *El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO): <http://www.fao.org/3/a-i3361s.pdf>
- Molina Calderon, D. S., & Montealegre Mendez, W. S. (2018). *Cuantificación de biomasa aérea utilizando medidas dasométricas para la guadua (Guadua angustifolia Kunth) en la cuenca hidrográfica del río Guarapas en el municipio de Pitalito Huila, como aporte a la cuantificación de captura de carbono orgánico en guadua*. Pitalito.
- Mora Delgado, J. R. (2006). Contribuciones del compost al mejoramiento de la fertilidad del suelo. *Luna Azul*, 1-6. Recuperado el 14 de Febrero de 2020, de http://lunazul.ucaldas.edu.co/downloads/Lunazul9_10_9.pdf
- Moreno, L. E., Trujillo, E., & Osorio, L. R. (2007). Estudio de las características físicas de haces de fibra de guadua angustifolia. *Scientia Et Technica*, 613-618. doi:<https://doi.org/10.22517/23447214.5719>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (1996). *Tema 2: el suelo*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO: <http://www.fao.org/3/w1309s/w1309s04.htm#TopOfPage>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (s.f). *Funciones de los elementos en las plantas*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO: http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/aup/pdf/6a.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (s.f). *Propiedades químicas*. Obtenido de Portal de Suelos de la FAO: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>
- Pellegrini, A. E. (2017). *Potasio calcio y magnesio del suelo*. Obtenido de Universidad Nacional de la Plata: http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/35408/mod_resource/content/1/14%20-%20CALCIO%2C%20MAGNESIO%20Y%20POTASIO.pdf
- Razmilic, B. (1994). *Espectroscopia de absorción atómica*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO: <http://www.fao.org/3/ab482s/AB482S04.htm>

SMART Fertilizer Software. (s.f). *Suelos Sódicos y Su Manejo*. Obtenido de SMART Fertilizer Software:
<https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/sodic-soils>

Universidad nacional de Colombia (UNAL). (1999). *Plan de ordenamineto territorial Volumen II*. Obtenido de Sistema de documentacion e informacion municipal:
[http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/diagnostico_ii_pitalito_\(132_pag_1182_kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/diagnostico_ii_pitalito_(132_pag_1182_kb).pdf)

Universidad Nacional de Cordoba (UNC). (s.f). *Unidad v: degradacion de compuestos organicos en el suelo*. Obtenido de Universidad Nacional de Cordoba:
<http://agro.unc.edu.ar/~microbiologia/wp-content/uploads/2014/04/unidad-5-degradacion-de-comp.-org..pdf>

Apéndice

Paso a paso trabajo de laboratorio

Apéndice A. Preparación de las muestras



Apéndice B. Determinación de grasa método Randall:



Apéndice C. Determinación de fibras método Van Soest

1. Peso de muestra 1 gr



2. Peso de los crisoles



3. Prueba de fuga



4. Digestión por 1 hora a 100°C

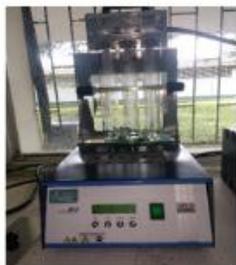


Apéndice D. Determinación de Nitrógeno por método Kjeldahl

1. Peso de muestra
0,5 gr



2. Digestión



3. Solución para
capturar amonio



4. Destilación



5. Determinación
de volumen



Apéndice E. Determinación de fosforo por colorimetría

1. Peso de muestra 0, 25 gr



2. Digestión con HNO₃, HClO₄ y HCl



3. Coloración Molibdato Metavanadato y HCl



4. Destilación con solución extractora



Apéndice F. Determinación de 8 minerales (Ca, K, Na, Mg, Cu, Mn, Fe, Zn) por espectrofotometría de absorción atómica

1. Peso de muestra 0, 25 gr



2. Digestión con HNO₃ HClO₄ HCl



3. Destilación con solución extractora

