



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA

CALIDAD NUTRICIONAL DEL ALGARROBO (*Prosopis juliflora*), PARA FORRAJE EN RÍO VERDE SANTA ELENA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autor: Elba Violeta Morgner Guillen

LA LIBERTAD ENERO, 2024



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA

CALIDAD NUTRICIONAL DEL ALGARROBO (*Prosopis juliflora*), PARA FORRAJE EN RÍO VERDE SANTA ELENA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autora: Elba Violeta Morgner Guillen

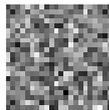
Tutora: Ing. Ligia Araceli Solís Lucas, Ph. D.

LA LIBERTAD, 2024

TRIBUNAL DE GRADO

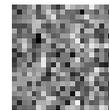
Trabajo de Integración Curricular presentado por **MORGNER GUILLEN ELBA VIOLETA** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniería Agropecuaria de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 22 de diciembre 2023.



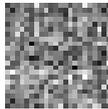
VERÓNICA ANDRADE YUCILLA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Ing. Verónica Andrade Yucilla Ph. D.
**DIRECTORA DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



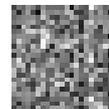
DEIBIE CHÁVEZ GARCÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

MVZ. Deibie Chávez García, Mgr.
**PROFESORA ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



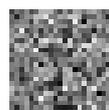
LIGIA SOLÍS LUAZO
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Ing. Ligia Solís Luazo, Ph. D.
**PROFESORA TUTORA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



NADIA QUEVEDO PINOS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph. D.
**PROFESORA GUÍA DE LA UIC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



WASHINGTON PERERO VERA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Ing. Washington Perero Vera, Mgr.
ASISTENTE ADMINISTRATIVO

AGRADECIMIENTOS

Les agradezco a mis padres Cecilia Guillen y Raúl Morgner, que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos, ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades, también son los que me han brindado el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y nunca abandonarlos.

También agradezco a mi hijo Luis Mejía Morgner por ser mi mayor motivación en todos estos años de estudio, junto a su manito este logro de ingeniera es nuestro.

Agradezco a mis hermanos por también ver aportado con su granito de arena durante todos estos años.

Agradezco también a mi tutora de tesis la ingeniera Araceli Solís por haberme brindado la oportunidad de trabajar junto con ella en esta investigación y también brindarme motivación durante este estudio.

Y para finalizar, también agradezco a todos los que fueron mis compañeros de clase durante todos los niveles de universidad.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, por ser mi guía espiritual en este largo camino, gracias a él superé lo momentos difíciles y me levanté para culminar con éxito; a mi padre que en paz descanse, siempre estuviste presente para mí, te dedico mi éxito desde el fondo de mi corazón.

A mi mama Cecilia Guillen por su ayuda incondicional a pesar de estar a miles de kilómetros de distancia.

A mi pequeño bebe Luis Mejía Morgner por ser mi motivación de superarme como estudiante y como madre.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Centro de Apoyo Río Verde, con el objetivo de determinar la calidad nutricional del algarrobo (*Prosopis juliflora*) para producción de forraje. El estudio evaluó el comportamiento agronómico del algarrobo en la que se evaluaron los promedios de las variables, altura de la planta, diámetro del tallo y número de ramas; la calidad nutricional fue analizada al laboratorio con análisis proximal y Van Soest a los 60 y 90 días. Los resultados obtenidos mostraron a los 150 días, un promedio de altura de 1.80 metros, de diámetro de 3.13 centímetros; a los 21 días el número de brotes fue de 54 y el número de ramas a los 90 días tuvo un promedio de 54. La calidad nutricional de la biomasa obtuvo mayor porcentaje de Proteína y fibra y menor porcentaje de lignina y fibra detergente acida y neutra a los 60 días después del corte de igualación, aunque la MS es mayor en el segundo corte, por lo que, acorde a los resultados, el algarrobo (*Prosopis juliflora*) es una excelente fuente proteica por utilizar como forraje para la alimentación de rumiantes.

Palabras claves: Bromatología, fibra, lignina, proteína.

ABSTRACT

The present research work was carried out at the Río Verde Support Center, with the objective of determining the nutritional quality of the carob (*Prosopis juliflora*) for forage production. The study evaluated the agronomic behavior of the carob tree in which the averages of the variables, plant height, stem diameter and number of branches were evaluated; Nutritional quality was analyzed in the laboratory with proximal and Van Soest analysis at 60 and 90 days. The results obtained showed at 150 days, an average height of 1.80 meters, diameter of 3.13 centimeters; At 21 days the number of shoots was 54 and the number of branches at 90 days had an average of 54. The nutritional quality of the biomass obtained a higher percentage of protein and fiber and a lower percentage of lignin and acid and neutral detergent fiber. 60 days after the equalization cut, although the DM is higher in the second cut, so, according to the results, carob (*Prosopis juliflora*) is an excellent protein source to be used as forage for feeding ruminants.

Keywords: Bromatology, fiber, lignin, protein.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado "**CALIDAD NUTRICIONAL DEL ALGARROBO (*Prosopis juliflora*) PARA FORRAJE EN RIO VERDE SANTA ELENA**" y elaborado por **Elba Violeta Merguer Guillen** declara que la concepción análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".



ELBA VIOLETA MERGUER GUILLEN

Firma del estudiante

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema Científico	3
Objetivos	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos.....	3
Hipótesis	3
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
1.1. Generalidades y origen del algarrobo (<i>Prosopis juliflora</i>).....	4
1.2. Clasificación taxonómica del algarrobo (<i>Prosopis juliflora</i>).....	5
1.3. Descripción botánica del algarrobo (<i>Prosopis juliflora</i>).....	5
1.4. Morfología y anatomía del algarrobo (<i>Prosopis juliflora</i>).....	6
1.4.1. Forma.....	6
1.4.2. Copa.....	6
1.4.3. Tallos y raíces	6
1.4.4. Hojas	7
1.4.5. Legumbre y semilla	7
1.4.6. Formas de propagación	8
1.4.7. Reproducción asexual de propagación del algarrobo	9
1.4.8. Poda	10
1.4.9. Etapa de dormancia del cultivo de algarrobo (<i>Prosopis juliflora</i>).....	10
1.4.10. Uso del algarrobo para forraje	11
1.4.11. Contraindicaciones del consumo de algarrobo en animales	12
1.5. Composición Nutricional	12
1.5.1. Composición de la biomasa del algarrobo (<i>Prosopis juliflora</i>).....	12
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	14
2.1. Ubicación y descripción del sitio experimental	14
2.2. Características del suelo.....	14
2.3. Características del clima	14
2.4. Materiales equipos e insumos	15
2.4.1. Material biológico.....	15
2.4.2. Equipos y herramientas.....	15
2.4.3. Diseño experimental	16

2.4.4.	Croquis Experimental	16
2.4.5.	Manejo del experimento	16
2.4.6.	Parámetros evaluados.....	17
2.4.6.2.	Calidad nutricional	17
2.4.7.	Análisis Estadístico	17
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		18
3.1.	Descripción de las características agronómicas del algarrobo (<i>Prosopis juliflora</i>) 18	
3.2.	Altura de planta	18
3.3.	Diámetro del tallo.....	19
3.4.	Número de brotes	19
3.5.	Número de ramas	20
3.6.	Calidad nutricional del algarrobo	21
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		24
	Conclusiones	24
	Recomendaciones	24
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		25
ANEXOS.....		28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de algarrobo (<i>Prosopis juliflora</i>)	5
Tabla 2. Composición nutricional de la biomasa del algarrobo (<i>Prosopis juliflora</i>) (100 g)	13
Tabla 3. Características morfológicas de los suelos del Centro de Producción y Prácticas de Río Verde.....	15
Tabla 4. Características físicas y químicas de suelos del Centro de Producción y Prácticas de Río Verde	15
Tabla 5. Análisis bromatológico de algarrobo (<i>Prosopis juliflora</i>).....	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del estudio, Centro de Apoyo Rio Verde (Google maps 2023)	14
Figura 2. Altura de planta del algarrobo (m), al corte de igualación (15 meses) y posterior hasta los 150 días.....	18
Figura 3. Diámetro del tallo, al corte de igualación, y posterior hasta los 150 días.....	19
Figura 4. Numero de Brotes, después del corte de igualación, a los 7, 15 y 21 días	20
Figura 5. Número de ramas, a los 60 y 90 días.....	21

ÍNDICE DE ANEXOS

Figura A 1. Análisis bromatológico del algarrobo (<i>Prosopis juliflora</i>) a los 60 días.	28
Figura A 2. Análisis bromatológico del algarrobo (<i>Prosopis juliflora</i>) a los 90 días.	28
Figura A 3. Algarrobo antes de la poda.....	29
Figura A 4. Limpieza del área del cultivo de algarrobo.....	29
Figura A 5. Corte de igualación del algarrobo a los 40 cm del tallo.....	30
Figura A 6. Primeros brotes luego del corte de igualación.	30
Figura A 7. Medición del algarrobo con ayuda de un flexómetro.	31
Figura A 8. Toma de 1kg de muestra para ser enviado a laboratorio, primer análisis a los 60 días.....	31
Figura A 9. Envío de la muestra de biomasa a laboratorio.	32
Figura A 10. Tutora y estudiante a cargo de la tesis.....	32
Figura A 11. Toma de la primera muestra de análisis para ser enviado a laboratorio.	33
Figura A 12. Toma de segunda muestra de análisis para ser enviado a laboratorio a los 90 días, luego del corte de igualación.....	33
Figura A 13. Algarrobo luego de 150 días luego del corte.	34
Figura A 14. Datos evaluados en las plantas.....	35

INTRODUCCIÓN

En los países de América Latina por la falta de alimentos para varios tipos de rumiantes, los productores se ven obligados a buscar nuevas alternativas y métodos de alimentación que beneficien a la industria ganadera incluso durante las sequías (Catamayo 2016).

De igual manera en la península de Santa Elena la escasez de pastos para el sector agropecuario se ve cada vez más afectada por las pocas precipitaciones que se presentan en el año que no le permite obtener la cantidad adecuada de forraje para la alimentación de rumiantes (Solís 2020).

El forraje es una fuente de nutrición para los rumiantes y puede suministrarse seco verde o procesado ya que cuenta con soportes nutricionales como nitrógeno y proteínas que favorecen la buena digestibilidad el rendimiento y la salud y satisfacen plenamente las necesidades del animal (Constante 2013).

El algarrobo es un arbusto que puede crecer hasta 8 metros de altura, se encuentra en bosques secos y desiertos como en Perú Ecuador Colombia y Bolivia; esta leguminosa es cultivada desde hace miles de años su fruto tiene un gel pegajoso (mucílago) que puede ser utilizado como alimento para los animales (Fígaro 2007).

El algarrobo es conocido también como el pasto del desierto por su aporte forrajero, sus hojas y frutos son ricos en proteínas, especialmente en las hojas contienen entre un 15 y 20% de proteína cruda y proporcionan energía gracias a carbohidratos de las hojas, con un contenido de azúcar del 50 al 70 por ciento, el fruto es una vaina azucarada que se considera una fuente de nutrientes (Tomalá 2012).

Sin embargo, existe poca información sobre el rendimiento de biomasa verde y las propiedades nutricionales; los datos que existen son orientativos según la especie, el clima y el lugar de cultivo, pero es un alimento muy beneficioso para ser utilizado como alimento para los rumiantes (López 2013)

Actualmente se han investigado las especies arbustivas autóctonas y caducifolias de la provincia de Santa Elena, como leucaena y la gliricidia (Conforme, 2020). Y se ha investigado el algarrobo en la primera fase de establecimiento (Castro 2022), sin embargo, aún no se registran investigaciones realizadas con el algarrobo que indiquen su comportamiento productivo y calidad nutricional en la provincia de Santa Elena.

El reconocimiento de la importancia de esta leguminosa, para la producción de biomasa y para reponer a los animales en el periodo de mayor sequía, se planteó el objetivo determinar el comportamiento productivo y calidad nutricional del algarrobo (*Prosopis juliflora*), en la provincia de Santa Elena.

PROBLEMA CIENTÍFICO

¿Es probable que las características nutricionales de la biomasa del algarrobo (*Prosopis juliflora*) la conviertan en una potencial alternativa de fuente de forraje para la alimentación de rumiantes en la Provincia de Santa?

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar el comportamiento productivo y calidad nutricional del algarrobo (*Prosopis juliflora*), para la producción de forraje en la provincia de Santa Elena.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir las características agronómicas del algarrobo (*Prosopis juliflora*), para la producción de forraje.
2. Comprobar la calidad nutricional del algarrobo (*Prosopis juliflora*), como fuente de forraje.

HIPÓTESIS

La calidad nutricional de la biomasa del algarrobo lo convierte en una potencial alternativa de fuente de forraje para los rumiantes, en la Provincia de Santa Elena.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Generalidades y origen del algarrobo (*Prosopis juliflora*)

La integración de las especies forrajeras para la alimentación de rumiantes es una de las prácticas más antigua, que usa la combinación de pastos asociados de gramíneas y leguminosas y que en la actualidad ha cobrado una mayor acogida debido a la alta demanda de necesidad de buscar nuevas alternativas locales, que ayuden a reducir el uso de insumos externos y reduzcan los daños sobre los recursos naturales (Galera 2021).

Dostert (2018) manifiesta que el algarrobo (*Prosopis juliflora*) originario de la costa norte de Ecuador, Perú y Colombia, pero también fue cultivado en otros países como Puerto Rico y la Isla Hawaiana de Malokai.

De igual forma, Thames (2012) afirma que este tipo de planta se las encuentra en el Norte de Sudamérica y Centroamérica, además de encontrarse en todo México en laderas más bajas de las montañas, por poseer un fruto dulce y ser un excelente alimento para rumiantes, el autor mencionado señala, que también, se han germinado y plantado en Brasil y países como Asia y en Haití.

El algarrobo esta entre los alimentos autóctonos más antiguos utilizados en Sudamérica, representando uno de los productos forestales, su consumo se relaciona a las costumbres ancestrales, en que las comunidades locales fabricaban la harina de algarroba utilizando morteros de madera (Naula 2011).

El cultivo de algarrobo puede crecer en zonas desérticas, con escasez de agua y alta salinidad, la presencia de estos árboles aporta múltiples beneficios al suelo, entre los que se destacan: como frenar el avance de la desertificación, contribuir a la desalinización, minimizan la escorrentía y controlar la erosión; a pesar de la deforestación y los cambios de uso de la tierra, este árbol sigue siendo importante para las poblaciones locales, los árboles de algarrobo proporcionan sombra y forraje a los animales, además de brindarle alimento, colorantes gomas segregados de sus troncos y ramas, también se puede obtener semillas (Castro 2009)

1.2. Clasificación taxonómica del algarrobo (*Prosopis juliflora*)

Según Burghardt (2019), la clasificación taxonómica del algarrobo es acorde a lo señalado en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de algarrobo (*Prosopis juliflora*)

Reino	Plantae
División	Fanerógama Magnoliophyta
Clase	Dicotedónea Magnoliosida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Tribu	Mimoseae
Género	<i>Prosopis</i>
Especie	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.

Fuente: Burghardt (2010).

1.3. Descripción botánica del algarrobo (*Prosopis juliflora*)

Catarino (2018) menciona que el cultivo de algarrobo es un árbol muy longevo, con una altura comprendida entre los 10 y los 5 metros; su copa es amplia, verde y muy densa, el tronco bien desarrollado es tortuoso y con un diámetro medio de más de 50 centímetros, la corteza es rugosa de color rojizo o grisáceo agrietada en la base y bastante lisa en las últimas ramificaciones

Guevara (2022) manifiesta que el algarrobo pertenece al género *Prosopis* y mide de 8 a 10 metros, lo que lo convierte en una leguminosa muy frondosa con una copa muy tupida, tronco leñoso, corteza negruzca, sus hojas son bipinnadas terminan en dos folios pequeños y oblongos son más largas que anchas, sus flores son de color crema y pequeñas, hermafrodita en inflorescencia en espiguillas densas amarilla.

La vaina comestible del algarrobo es la algarroba; esta varía en el color café oscuro mide de 12 a 18 centímetro de longitud, ancho de 2.5 o 3.1 y 1.5 centímetro de grosor forma larga con una curvatura a lo largo del fruto contextura polvorienta pulpa espesa y dulce (Llano 2018).

Martínez (2018) menciona que esta planta al estar expuesta al sol influye en su rápido crecimiento y larga vida y se propaga mediante semilla y en la época de calor, el fruto se torna de color oscuro.

En este tipo de plantas sus frutos se agrupan en racimos y lo que contiene su pulpa es alto en azúcares y minerales: calcio, potasio, magnesio, zinc, fósforo, hierro y sodio; a las semillas de la algarroba se las llaman garrofines, su forma es semicircular aplanada de unos 10 milímetros de largo y 6 a 8 milímetros de ancho, su color es rojizo oscuro brillante y liso; una vainita de algarroba posee entre 10 y 12 semillas (Martínez, 2018).

1.4. Morfología y anatomía del algarrobo (*Prosopis juliflora*)

1.4.1. Forma

Sherman (2019) indica que la altura del algarrobo oscila entre los 12 a 15 metros debido a que es un árbol frondoso y espinoso con un diámetro de tronco de solo 40 a 80 cm, el árbol (*Prosopis Juliflora*) puede alcanzar una altura de 8 a 20 metros y tiene una corteza irregular y acanalada con un diámetro de 80 centímetros a 2 metros

1.4.2. Copa

La copa del árbol puede tener forma de paraguas debido a su diámetro ancho y alargado y el crecimiento también depende del ambiente y las condiciones climáticas, cuando se planta en lugares remotos la copa será más ancha y las ramas crecerán en diferentes direcciones para llegar al suelo (Lino, 2018).

1.4.3. Tallos y raíces

Aurand (2021) menciona que este árbol tiene un tronco curvo percedero del que brotan ramas desde la base, las ramas tienen muchas espinas y también terminales que forman un meandro donde las espinas se vuelven rectas de 15 a 45 milímetros de largo, tiene la corteza fisurada de color marrón grisáceo la madera es de color blanco crema por fuera y de color oscuro por el medio las ramas son lisas y de color verde; las ramas nuevas crecen a 10 centímetros o 1.5 metros del suelo, el diámetro de su tronco puede alcanzar de 60 a 80 centímetros.

Según el autor mencionado, el algarrobo tiene raíces profundas que pueden extenderse hasta 53 metros de profundidad, por lo que puede absorber mucha agua y sus raíces laterales

también tienen pelos de succión para absorber el agua de lluvia la profundidad estimada es entre 15 y 25 metros.

Mederos (2016) explica que las raíces laterales del algarrobo crecen hasta 30 metros de largo a diferencia de otras raíces que crecen verticalmente estas raíces pueden penetrar el suelo y el subsuelo hasta 25 metros de profundidad para encontrar agua subterránea.

1.4.4. Hojas

Las hojas son compuestas perennes, pinnadas con 6 a 10 folíolos coriáceos, plegable y verde más o menos intenso, según la propagación es bastante difícil porque hay árboles con flores hermafroditas, y hay árboles con flores masculinas o femeninas, las flores son pequeñas y se recolectan en racimos de inflorescencias aisladas, Todos racimos con 10 a 12 flores (Gonzales 2017).

Las hojas están formadas por pecíolos con 4 u 8 pecíolos más pequeños y delgados laminillas adheridas a estos pecíolos en cada lado, también llamadas folíolos 6 de las cuales tienen un promedio de 8 a 15 milímetros de largo y 3 a 5 milímetros este proceso se denomina formación de hojas compuestas, sus hojas comienzan a caer en invierno, como resultado crecen nuevas hojas y el árbol se vuelve de color verde pálido (Dostert, 2018).

Folliot (2022) menciona que las hojas tienen cuatro pares de pinnas con 10 a 16 pares de folíolos, se asemejan a inflorescencias cortas y largas; pecíolo más espigas de 0.5 a 7.5 cm de largo, los folíolos son de 6 - 23 milímetros de largo y 1.6-5.5 milímetros de ancho generalmente lisos en América del Sur, justo frente a la costa noroeste los folíolos pueden volverse pubescentes al igual que los que se encuentran en el tallo, a distancias mayores que su ancho.

1.4.5. Legumbre y semilla

Según Brik (2016), las semillas tienen forma aplanada y están rodeadas de una pulpa de color marrón dulce, sin endospermo, tiene aproximadamente 6 - 9 milímetros de largo, 4 - 6 milímetros de ancho y 2 - 4 milímetros de espesor, su textura es fina y opaca.

Luan (2020) afirma que la forma de la semilla es ovoide de color marrón brillante con una capa protectora dura en el contorno de color amarillento denominada piedra podemos

encontrar alrededor de 16 a 18 semillas en cada fruta y alrededor de 1000 a 3000 semillas en kg de fruta.

Mederos (2016) asegura que es un fruto carnoso dulce que no se abre para soltar las semillas, también alargado y comprimido, de forma recta y ligeramente curva alcanzando 16 a 18 cm de largo y 14 a 18 mm de ancho 6 a 10 mm de densidad, al extremo de la fruta termina con un pico de color amarillo o marrón rojizo y tarda unos tres meses en florecer y fructificar.

El tejido del fruto del algarrobo es grueso y dulce curvado o recto de color amarillo en sus bordes paralelos tienen una longitud de 10 a 28 cm con 11 a 13 milímetros de ancho y con un espesor 5 a 8 milímetros su fruto madura en 3 meses (Toly 2008).

Según Thames (2012), las vainas son planas y rectas, pero curvadas en los extremos en forma de hoz con 8 a 29 centímetros de largo y 9 a 17 milímetros de ancho y 4 a 8 milímetros, de espesor, cuando las vainas están inmaduras aparecerá un bulto circular en el centro de la semilla después de un tiempo las vainas mismas se hincharán y se ablandarán y los contornos de las semillas ya no serán visibles.

1.4.6. Formas de propagación

El método que tradicionalmente se ha regido a cabo por la propagación de semillas también se pueden utilizar estacas y acodos (Ribaski, 2020). Pero llegar a obtener un árbol de 5 o 6 metros a partir de semillas requerirá de tiempo y también deberá injertarse con variedades comerciales de mayor producción, si se quiere obtener cosecha el fruto (Iniap, 2021).

Según Pasiiecznik (2021), el cultivo de esta planta también se la puede obtener a través de esquejes y ha sido un éxito en países tropicales las plantas jóvenes enraízan más rápido que las adultas.

Dostert (2018) señala que las plantas adultas que miden entre 30 y 120 cm y 1-2 centímetros de diámetro, también dan buenos resultados, por los que se recomienda que para una propagación de retoños de la (*Prosopis Juliflora*) es posible utilizar simples bolsas de plantaciones abiertas, pero sin embargo las tasas de enraizamiento más altas se mantienen cuando se siguen procedimientos para mantener mejor de la mayor conservación de humedad relativa, como la cubierta plástica humedecimiento.

Según Alban (2019), los retoños del tallo se prestan para la posibilidad de trasplante a pequeña escala y de corta duración, que a su vez que se ha demostrado con éxito en otras especies de *Prosopis*, así como también en la regeneración in vitro de plantas a partir de su ápice de ramas nudos u otro tipo de propagación obteniendo buenos resultados, pero en experimentos cortos.

Galera (2000) cita que las nuevas plantaciones de algarrobo deben ser provenientes de semillas cuando están en su etapa de plántulas. El número de semillas por kilogramos esta entre 25 000 a 30 000. Para obtener las plántulas por estacas, se necesitan arboles madres de las cuales se obtendrán ramas nuevas menores a un año ya sean esta de la copa o de su tronco. Las plántulas deben tener un 100% de hojas y que hayan estado en viveros con temperatura de 30 – 35°C y una humedad relativa de 75 – 80%; también deben tener entre 10 y 15 centímetros de largo y su grosor de 2.5 a 4.5 mm. En algunos viveros se utilizan hormonas como el ácido indol butírico (AIB), con una concentración de 2000 ppm, en su inducción del arraigamiento.

Según Burghardt (2010), para tener semillas de algarrobo y con buenas características, los progenitores deben ser sanos y de buena producción, pues las semillas heredan y garantizan su producción y desarrollo, aunque exista dos tipos de reproducción asexual y la sexual.

1.4.7. Reproducción asexual de propagación del algarrobo

Los métodos probables de reproducción asexual, acorde a Burghardt et al. (2010) son:

- Acodo aéreo: en este proceso las raíces aparecen en un tiempo de 6 a 8 semanas.
- Injertos: hay especies de Norteamérica, Sudamérica y las Tropicales en donde se han hallado la existencia de compatibilidad con estas especies.
- Brotes o Retoños: retoñan después de efectuarse el corte de la raíz.
- Estacas o Esquejes: Para obtener un 96% del enraizamiento, en el periodo de 5 semanas, se debe utilizar estacas de 5 centímetros las cuales deben ser sumergidas, en un enraizado.
- Cultivo de tejidos: aún no hay datos de este tipo, pues no hay estudios avanzados que hayan sido revelados para este tipo de reproducción

- Estacas o Esquejes: Para obtener un 96% del enraizamiento, en el periodo de 5 semanas, se debe utilizar estacas de 5 centímetros las cuales deben ser sumergidas, en un enraizado.
- Cultivo de tejidos: aún no hay datos de este tipo, pues no hay estudios avanzados que hayan sido revelados para este tipo de reproducción.

1.4.8. Reproducción sexual

Burghardt (2010) menciona los siguientes métodos probables de reproducción sexual:

- Las semillas se las puede obtener de árboles talados, que están en su mismo habitat.
- Las semillas deben ser producidas por un semillero, ya que no todas llegan a germinar por lo que se debe cultivar un mayor número de semillas.
- La regeneración natural: en este proceso el ser humano no interviene por ningún motivo.
- La siembra directa: debido a la presencia de animales y a las condiciones climáticas la semilla sufre y no siempre da buenos resultados.

1.4.9. Poda

Según Bacab (2012), el algarrobo no se les debe reducir la altura de la poda a menos de 40 centímetros ya que se reduce significativamente el rendimiento y la proporción de forraje comestible, el cual es de mayor importancia en la alimentación de los rumiantes.

Según AgroFresh (2016), la altura de la poda en los bancos de forraje determina la productividad del banco a largo plazo por lo que algunos productores recomiendan un corte entre los 60 a 100 centímetros.

1.4.10. Etapa de dormancia del cultivo de algarrobo (*Prosopis juliflora*)

Según Dante (2019), la dormancia es una etapa donde el ciclo biológico de un ser, el crecimiento, desarrollo y actividad física entra en reposo temporalmente. Esto reduce drásticamente la actividad metabólica permitiendo que el organismo conserve su energía.

Con la dormancia, las plantas entran en estado de reposo del crecimiento, el cual empieza con la caída de sus hojas, presenta poca actividad vegetativa durante un periodo; lo que es una táctica de muchas especies de plantas que les permite pervivir cuando las condiciones

climáticas no son aptas para el desarrollo correcto, en especial la estación seca, cuando la luz del día comience a disminuir, las plantas tienden a disminuir la rapidez y usarán más la energía del sol para acumular alimentos que para su crecimiento, la energía agotada para el crecimiento es menos y la cantidad de energía que se guarda para entrar en etapa de dormancia. Este procedimiento continúa hasta que la planta entra en letargo hasta que la luz solar aumente para despertarla (Briones 2017).

1.4.11. Uso del algarrobo para forraje

El algarrobo se usa especialmente dentro de sistemas pastoriles para rumiantes, como forraje en la alimentación, su importancia se radica en los altos contenidos nutricionales ya que pertenece a la familia de las leguminosas (Cruz 2019).

No obstante, este tipo de efecto simbiótico entre el algarrobo y el ganadero no es explotado de manera adecuada, pues a pesar de ser una especie de características nutricionales especiales, ha sido subestimada por la ciencia, al existir pocas investigaciones que caractericen y posicionen al algarrobo como especie idónea para su combinación en sistema silvopastoriles (Mendoza, 2012).

La alimentación natural y ocasional en los sistemas silvopastoriles han determinado una explosión poblacional del árbol con diferentes especies y en distintos niveles, por lo que resulta necesario patentar una propuesta productiva para la integración del algarrobo a los sistemas pastoriles existentes de manera comercial fundamentando proyectos de sostenibilidad en el estudio científico de las características agronómicas y bromatológicas del algarrobo (Rupert 2015).

El algarrobo es muy apreciado siempre ha sido un producto básico para la alimentación del ganado tanto en estado primordial como moliéndolas para elaborar una harina que es muy asimilada por las aves y otros animales de corral (Juárez 2017). Las cooperativas agrícolas y las distribuidoras compran las algarrobas para producir diferentes tipos de alimentos para animales e incluso cada vez más un alto porcentaje se destina diferentes a las industrias transformadoras especializadas para el consumo humano (Cortez 2017).

1.4.12. Contraindicaciones del consumo de algarrobo en animales

No se conocen casos de intoxicación por algarrobas en animales de hecho la planta tiene un gran potencial para la alimentación animal, pero se sugiere que, por su contenido en taninos, no es conveniente que estos abusen del consumo de algarrobas (Medina 2019).

Los taninos contienen una función defensiva en las plantas, ya que contiene propiedades astringentes y anti nutritivas (que obstaculiza la absorción de nutrientes), como la capacidad de unirse a las proteínas de la dieta impidiendo su asimilación, lo cual confiere a la planta protección contra herbívoros e insectos (Gutiérrez 2002).

Los taninos del algarrobo tienen un efecto astringente en el tracto gastrointestinal, lo que los hace útiles para tratar la diarrea. También se unen a las toxinas bacterianas, inactivándolas, e inhibiendo el crecimiento de las bacterias (Tamayo 2016).

1.5. Composición Nutricional

1.5.1. Composición de la biomasa del algarrobo (*Prosopis juliflora*)

Ribaski (2020) menciona que toda la biomasa forestal comestible, así como los incrementos potenciales de la misma, se han transformado en un importante aspecto tener en cuenta, dada la enorme cantidad de opción de su uso; tanto dentro de la planificación productiva, como de sus posibilidades de utilización como pasto forrajero.

Bacab (2012) señala que, como forraje, el algarrobo ofrece una importante alternativa en la alimentación del ganado de la zona; el mayor porcentaje del producto foliar se usa como forraje, habiendo especies ganaderas que lo aprovechan como heno, hojas secas o forraje verde. De igual forma los frutos de algarrobo son usados ampliamente en la alimentación de todo tipo de ganado, manifestando inclusive que pueden ser criados exclusivamente con vainas de algarroba (Tabla 2).

Tabla 2. Composición nutricional de la biomasa del algarrobo (*Prosopis juliflora*) (100 g)

Proteínas	10.19 g
Fibra	13.8 g
Elementos Libres de nitrógeno	12.5 g
Fibra Detergente Neutra	11.21 g
Fibra Detergente Acida	12.17 g
Lignina	9.11 g

Fuente: Rivera (2018).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación y descripción del sitio experimental

Este proyecto se llevó a cabo en el Centro de Apoyo y Prácticas de "Río Verde", que pertenece a la Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador, ubicado en la Latitud -2.304865, Longitud -80.698966, altura de 54 metros sobre el nivel del mar (Figura 1). El área total comprende 40 ha.

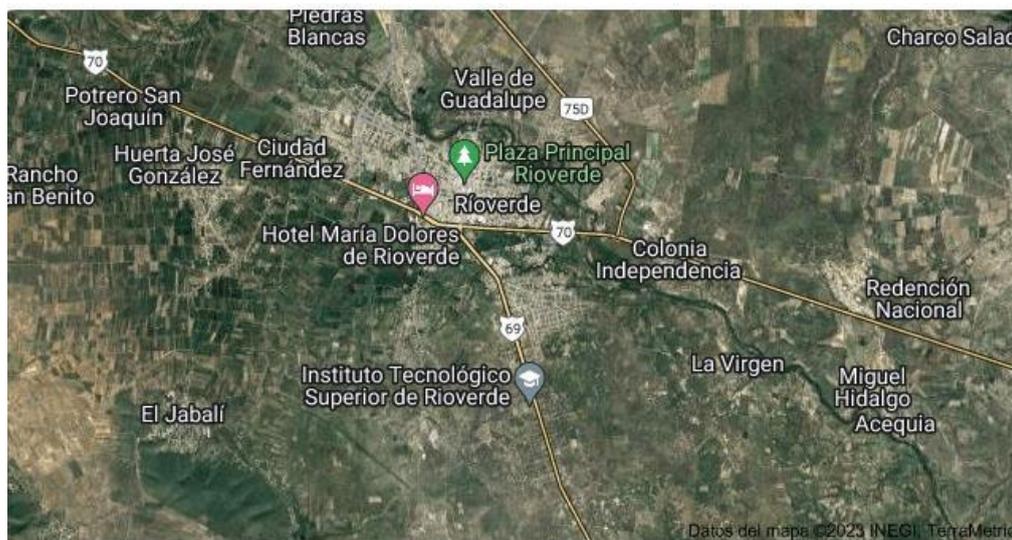


Figura 1. Localización del estudio, Centro de Apoyo Río Verde (Google maps 2023).

2.2. Características del suelo

Según Balmaseda (2019) en el Centro de Apoyo Río Verde predomina la clase de textura Franco- arcilloso-arenosa, se clasifica en el Grupo 1 y la Clase 1, de la que se puede hacer uso la tierra, capaz de retener la humedad y la retención nutricional, además de tener buenas características de aireación que contribuyen a la penetración de la raíz (Tablas 3 y 4), (Espinosa y Lima. 2019).

2.3. Características del clima

La temperatura media anual oscila entre 12°C y 18°C. la temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C; subhúmedo, precipitación anual en el mes más seco de 0 a 40 mm; lluvias de verano mayores al 10.2% anual (Sorial 2019).

Tabla 3. Características morfológicas del suelo donde está ubicado el cultivo de algarrobo en el Centro de Producción y Prácticas de Río Verde.

Clase textural	Estructura	Pendiente	Consistencia	Uso	Clasificación
Franco arenosa	Bloques subangulares	2 %	Moderado. friable. ligeramente adhesivo y plástico	Algarrobo moyuyo y cactus	Typic Haplocambids

Fuente: Balmaseda and Ponce (2019).

Tabla 4. Características físicas y químicas de suelos del Centro de Producción y Prácticas de Río Verde.

Calicatas (cm)	Prof. (cm)	pH	MO %	Σ Bases meq/100 mL	NH4	P ug/mL	K
01 - AB	0 - 20	7.9 LAI	0.90 B	18.50	26 M	9 B	197 A
01 - Bw	20 - 36	7.7 LAI	0.90 B	17.59	35 M	4 B	92 M
01 - C1	36 - 70	8.3 MeAl	0.40 B	17.00	22 M	4 B	74 B
02 - A	0 - 22	7.5 PN	1.20 B	18.79	30 M	15 M	219 A
02 - AB	22 - 36	7.6 LAI	0.60 B	24.28	27 M	4 B	119 M
02 - C1	36 - 72	7.7 LAI	0.40 B	19.41	24 M	4 B	71 B
03 - A	18	7.2 PN	0.90 B	19.08	27 M	10 B	253 A
03 - AB	30	7.4 PN	0.60 B	22.23	29 M	4 B	125 M
03 - C1	62	8.0 LAI	0.40 B	15.55	26 M	4 B	68 B
04 - AB	0 - 22	7.2 PN	0.90 B	24.88	29 M	13 M	235 A
04 - C1	22 - 59	7.2 PN	0.40 B	17.60	22 M	4 B	107 M
05 - A	0 - 39	6.8 PN	1.30 B	17.10	30 M	105 A	812 A
05 - C1	39 - 56	7.0 N	0.40 B	12.76	16 B	14 M	209 A

LAI: Ligeramente alcalino; MeAl: Medianamente alcalino; PN: Prácticamente neutro; N: Neutro; A: Alto; M: Medio; B: Bajo.

Fuente: Espinosa & Lima (2019).

2.4. Materiales equipos e insumos

2.4.1. Material biológico

El material genético del algarrobo (*Prosopis juliflora*) con el que se trabajó fue establecido en febrero del 2022 (Castro 2022).

2.4.2. Equipos y herramientas

- Machete
- Laptop
- Estaca

- Celular
- Sistema de riego
- Cinta métrica
- Cámara
- Calibrador

2.4.3. Diseño experimental

El experimento no considera un diseño experimental, ya que es una investigación descriptiva sobre la valoración nutritiva del algarrobo (*Prosopis juliflora*).

2.4.4. Croquis Experimental

El área total del experimento está constituida de 12 m de ancho y 40 m de largo, un total de 480 m² comprendiendo a 472 m² de área útil la distancia entre hilera y plantas fue 1 x 1 el área experimental consta de 5 hileras para la recolección de datos según las variables de estudio (altura, diámetro del tallo y número de brotes) se consideraron 20 plantas al azar.

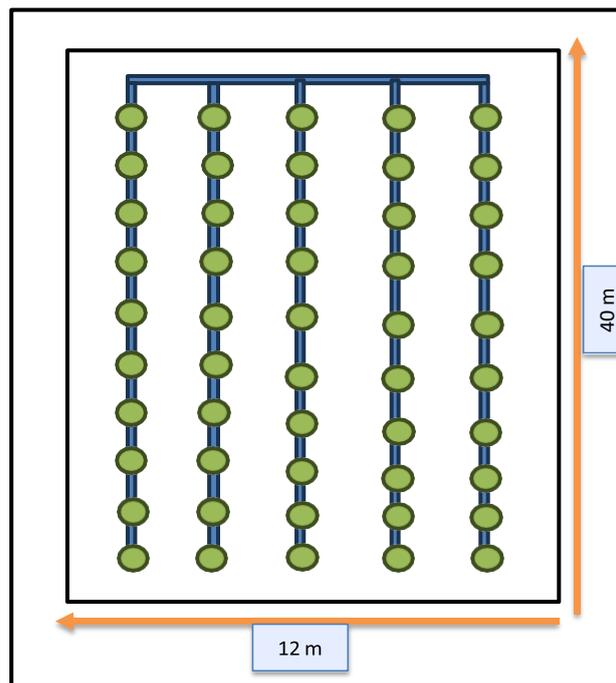


Figura 2. Croquis del cultivo de algarrobo (*Prosopis juliflora*).

2.4.5. Manejo del experimento

- **Control de maleza:** Se realizó cada semana, para evitar el crecimiento excesivo de estas, con ayuda de un machete y una moto guadaña.

- **Control plagas y enfermedades:** En este estudio, en todo el periodo no hubo presencia de plagas y enfermedades.
- **Riego:** se suministró dos veces a la semana, los lunes y viernes.
- **Fertilización:** en este experimento no se aplicó fertilización.
- **Corte de igualación:** a las plantas seleccionadas del lote experimental se les realizó un corte de igualación a 40 cm sobre la base del tallo, con ayuda de una sierra y un flexómetro (a los 15 meses de su establecimiento).

2.4.6. Parámetros evaluados

2.4.6.1. Variables agronómicas

- **Altura de la planta:** esta variable fue tomada a 20 plantas seleccionadas, desde la base del tallo, aras del suelo hasta la última rama (ápice) del cultivo. Después de cada corte: a los 30, 60, 90, 150 días, medida con un flexómetro.
- **Diámetro del tallo:** a las mismas 20 plantas seleccionadas para tomar la altura, también se les realizó la medida del diámetro del tallo, a partir de los 5 cm de la base del tallo, utilizando un calibrador vernier a los 30 y 60 días, antes y después del corte.
- **Numero de brotes:** Se realizó el conteo de los brotes después de los cortes a los 7, 15 y 21 días.
- **Número de ramas:** Pasado los 21 días de crecimiento del cultivo, los brotes evaluados, fueron medidos como el número efectivo de ramas.

2.4.6.2. Calidad nutricional

A una muestra de 1 kg de biomasa foliar fue enviada al laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias estación Santa Catalina, laboratorio de análisis e investigación en alimentos – Isaia, para evaluar la calidad nutricional del algarrobo. El análisis se realizó a los 60 días y 90 días. Los parámetros evaluados en el laboratorio fueron: humedad, cenizas Ω , extracto etéreo (ee) Ω , proteína Ω , fibra Ω , elementos libres de nitrógeno e.l.n., fibra detergente neutra Ω , fibra detergente acida Ω , lignina Ω .

2.4.7. Análisis Estadístico

A los datos de las variables medidas se les obtuvo, promedios y porcentajes, utilizando Excel.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Descripción de las características agronómicas del algarrobo (*Prosopis juliflora*)

3.2. Altura de planta

La Figura 3 muestra la altura de la planta a los 15 meses, momento del corte de igualación, con un promedio 2.14 m. De igual forma se observa las alturas medidas posteriores al corte hasta los 150 días, las que presentaron una tendencia creciente de normalidad. Sánchez (2019), indica que el crecimiento de las plantas es un proceso fundamental en su ciclo de vida y se refiere al aumento en tamaño, estructura y biomasa de una planta a lo largo del tiempo, lo que puede ser considerada como un indicativo de una altura que sigue el proceso de crecimiento.

Al respecto, León (2018) indica que, el desarrollo de los pastos arbustivos será de acuerdo con las condiciones climáticas del lugar y de las láminas de riego que se apliquen, ya que el crecimiento en la época seca será lento a diferencia de las épocas de lluvia en el que su comportamiento se acelera.

Los resultados mostrados son similares a los de García et al. (2000), sobre el crecimiento vegetativo de (*Leucaena leucocephala*) (Lam.) De Wit, al obtener la mayor altura a los 120 días de evaluación (1.15 m de altura) en condiciones húmedas.

Arboleda (2013) menciona que la altura que alcanzan estas plantas arbóreas forrajeras disminuye cuando se realiza cortes continuos en intervalos cortos de tiempo.

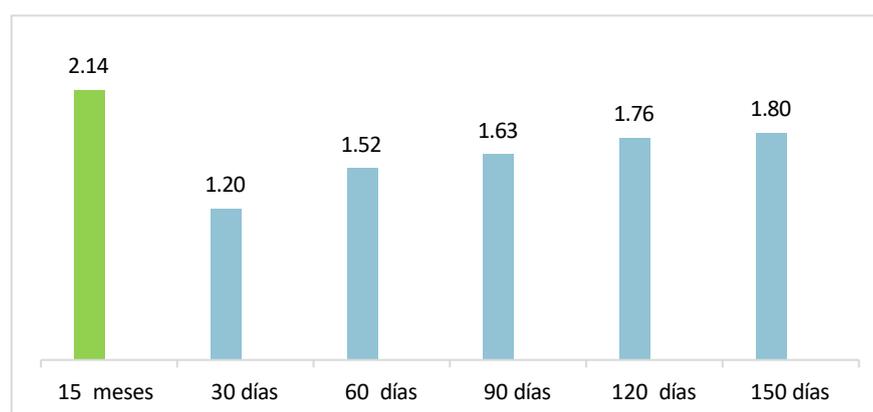


Figura 2. Altura de planta del algarrobo (m), al corte de igualación (15 meses) y posterior hasta los 150 días.

3.3. Diámetro del tallo

En la Figura 4, se observan los resultados promedios del diámetro del tallo de las plantas durante el estudio, medido a los 30, 60, 90, 120, 150 días, con un valor de 3,12 cm a los 30 días, con la variación de 1 milímetro durante todo el estudio, semejante al de los 15 meses, al corte de igualación, lo cual es similar a lo obtenido por Tomalá (2017), quien reportó en su investigación, a los 180 días, al utilizar tratamiento cajas de Waterboxx, en algarrobo, un promedio de 3.10 cm de diámetro.

Al respecto Bonells (2019), señala que, una vez que se ha cortado una rama o un tallo, técnicamente no volverá a crecer, pero una nueva rama puede tomar su lugar, por lo tanto, cuando se realiza la poda a la planta utiliza su energía para formar nuevas ramificaciones y detiene el engrosamiento del tallo. Debido a ese efecto el diámetro del tallo mantiene el mismo valor.

Murrieta (2014) tuvo diámetros superiores con valores que bordearon los 5 centímetros en especies arbustivas como *Leucaena forrajeras* a la misma edad.

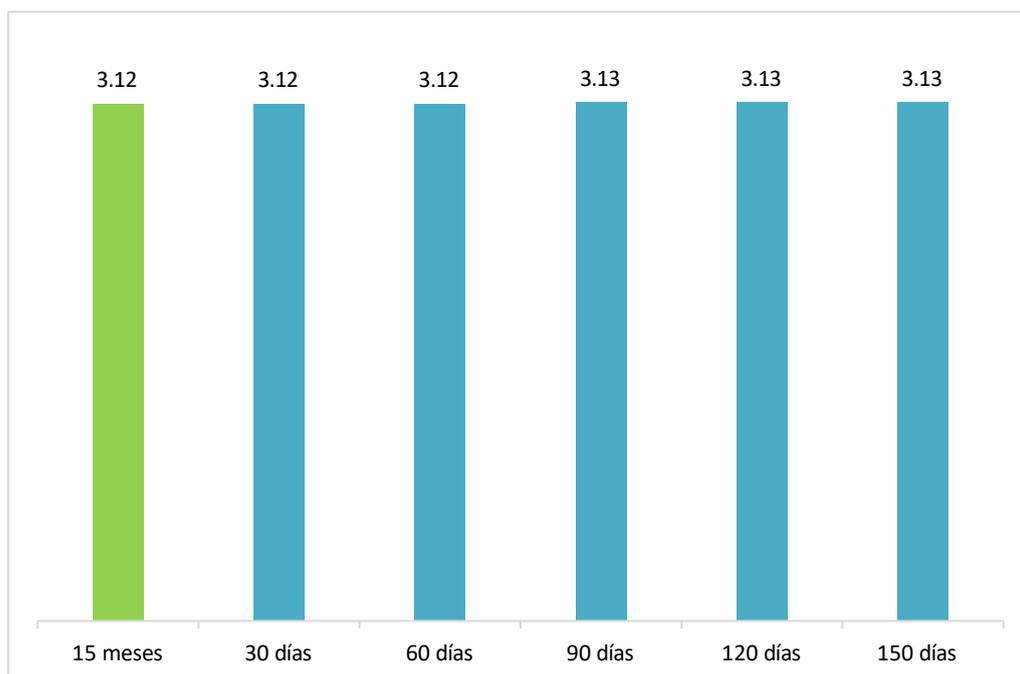


Figura 3. Diámetro del tallo, al corte de igualación, y posterior hasta los 150 días.

3.4. Número de brotes

El número de brotes de *Prosopis juliflora*, según señala la Figura 5, mostró una tendencia de aumento en cada fecha, llegando a un total de 54 brotes a los 21 días.

Estos resultados son mayores a los de Sánchez (2003), quien obtuvo un promedio de brotes de 3 a 6 por plantas en la investigación del “Comportamiento agronómico de la *Leucaena leucocephala*” a los se le aplicó un riego por goteo en forma artesanal en ambiente semiárido.

Los resultados son semejantes a lo publicado por Tomalá (2017) quien reportó un promedio de número de hojas de 54, aunque los datos del estudio fueron tomados a los 160 días.

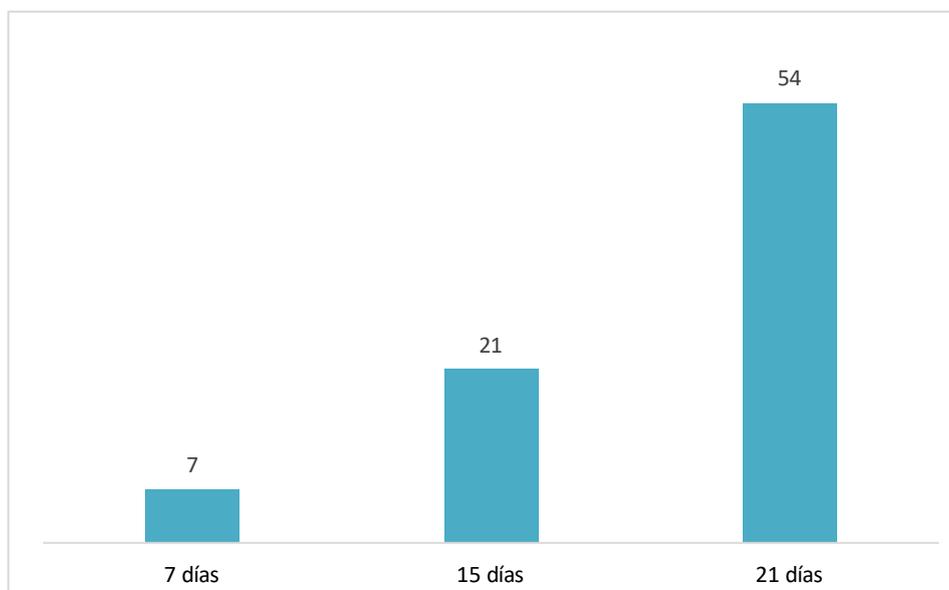


Figura 4. Numero de Brotes, después del corte de igualación, a los 7, 15 y 21 días.

3.5. Número de ramas

Transcurrido los 21 días, los brotes, acorde a la altura son las nuevas ramas. En la Figura 6 se observa que al final de la evaluación se obtuvo un promedio de 54 ramas.

Los resultados coinciden con Aguilar (2011), quien evaluó en *Leucaena leucocephala* y reportó mayores ramas. La aparición del menor número de brotes probablemente se explica a la poca humedad en el suelo ya que el déficit hídrico influye sobre los procesos morfológicos del arbusto.

De igual forma, estos resultados son similares a los reportados por Sánchez (2003), quien obtuvo un promedio de 30 a 50 ramas por plantas en la investigación del “Comportamiento agronómico de la *Leucaena leucocephala*” a los se le aplicó un riego por goteo en forma artesanal en ambiente semiárido.

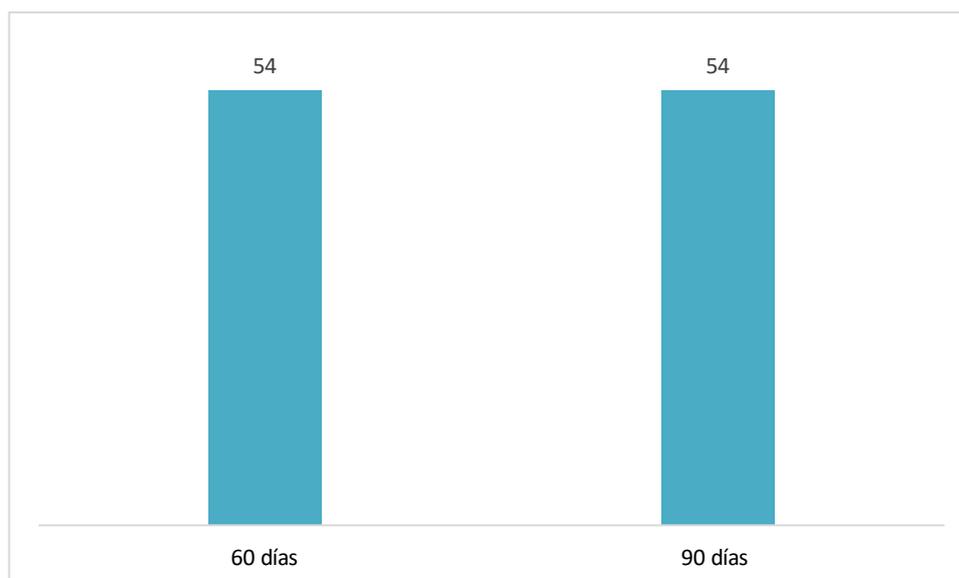


Figura 5. Número de ramas, a los 60 y 90 días.

3.6. Calidad nutricional del algarrobo

La Tabla 5 muestra los resultados de los análisis bromatológicos, a los 60 y 90 días (Anexo 2), después del corte de igualación.

Tabla 5. Análisis bromatológico de algarrobo (*Prosopis juliflora*) (%)

Parámetros evaluados en la calidad nutricional	Días (%)		
	60	90	Diferencias
Humedad	72.41	60.05	12.36
Materia Seca (MS) Ω	27.79	39.95	12.16
Cenizas Ω	8.80	6.19	2.61
Proteína Ω	22.32	15.01	7.31
Extracto Etéreo (Ee) Ω	2.30	3.78	1.48
Fibra Ω	45.28	26.70	18.58
Elementos Libres de Nitrógeno	21.31	48.31	27
Fibra Detergente Neutra Ω	48.94	57.23	8.29
Fibra Detergente Acida Ω	36.34	42.57	5.63
Lignina Ω	11.81	20.43	8.62

Los ensayos marcados con (Ω) se reportan en base seca.

En la materia seca, los análisis muestran un alto contenido de materia seca, con una diferencia entre el primer y segundo de 12.16%. En el consumo animal es más favorable el

consumo de materia seca en mayor porcentaje ya que esto beneficia a su organismo y en su absorción de nutrientes (Cervantes 2019).

La Asociación de Químicos Analíticos Oficiales, AOAC (2017) menciona que la remoción parcial de la humedad libre del material permite la conservación de este disminuyendo su deterioro o alteraciones químicas. No obstante, el material aún conserva cierto nivel de humedad que está ligada a ciertas estructuras y compuestos. El contenido de humedad encontrado en el primer análisis con relación al segundo fue de 12.36%, la disminución de la humedad en el segundo análisis podría estar relacionado con las condiciones climáticas y también por la etapa de letargo que inició la planta en esta época (Sánchez 2020).

La proteína es el punto más importante en los parámetros de un análisis de calidad de los alimentos, ya que de esto depende la nutrición de los rumiantes. En los dos análisis, sobresale el primero con una diferencia de 7.31% con relación al segundo, lo que permite deducir que a los 60 días sería el momento óptimo para realizar los cortes, para la obtención de biomasa.

La proteína encontrada en el cultivo de algarrobo en este estudio presentó semejanza a las estudiadas en Cuba Robert (2018) que reportaron un 22.10% de proteína. El cultivo de *Leucaena* presentó valores similares a los propuestos por Arguello (2019) en Colombia con condiciones climatológicas parecidas. Sin embargo, los valores obtenidos en este ensayo fueron superiores a los indicados por Giraldo (2020) en Medellín, Colombia que alcanzaron un valor proteico de 14.7%.

Abe (2021) expresa que, en muchas partes, este análisis es conocido como el de determinación de proteína cruda, debido a que, por convención, el porcentaje de nitrógeno determinado en el análisis se multiplica por el factor 6.25, para obtener el porcentaje de proteína cruda. Este factor está relacionado con el hecho de que la proteína, en términos generales, contiene un 16% de nitrógeno, por lo que el factor se obtiene de la relación 100/16. (Solari 2019).

La ceniza evaluada en el primer y segundo análisis numéricamente muestra una mínima diferencia. Este parámetro expresa que los minerales que están presentes constituyen la materia denominada inorgánica Jazmi (2018). AOAC (2020) expresa que los minerales que están presentes en los alimentos, de muy diversas formas, constituyen la materia denominada inorgánica, la cual se obtiene como residuo de la incineración del material o cenizas.

En el Extracto etéreo la diferencia es mínima, en los dos análisis. Al respecto, Mengel (2017) mencionan que al utilizar algún tipo de solvente orgánico se espera que los compuestos grasos o lípidos se disuelvan y puedan ser removidos del material, al igual que otros compuestos como ceras, aceites volátiles, clorofila y pigmentos, que no aportan mucha energía a la nutrición de los animales, lo que permitirán conocer la cantidad presente de estos compuestos y sobreestimar el aporte energético de la fracción de lípidos del alimento evaluado (González, 2021).

En la fibra detergente neutra, sobresale el segundo análisis con el 8.29%; Ordoñez (2019), señala que el tratamiento del forraje o material vegetal con una solución neutro detergente, cumple la función de que todo el contenido celular del material sea extraído y el resto de la digestión lo constituya la pared celular. El residuo lo compone la celulosa, la hemicelulosa, la lignina, así como otras sustancias que se encuentran ligados a la pared celular, entre los que se incluye parte de los compuestos nitrogenados, que en algunos casos son proteínas y algunos minerales. La fracción orgánica es reconocida como fibra detergente neutro (Carlo 2022).

Las fibras detergentes acida encontradas en el segundo análisis son incluso más altas, con un 5.63%, en este contexto AOAC (2000), afirma que el proceso utiliza un detergente catiónico en solución H₂SO₄ que disuelve o elimina carbohidratos lábiles, proteínas no unidas y lípidos mediante la reacción de Maillard. La eficiencia de la solución de limpieza acida es limitada si el contenido de lípidos de la muestra supera el 5%, por lo tanto, se recomienda el muestreo, este proceso es más fácil de repetir que el método de la fibra cruda (Muñoz 2017).

En el resultado de la lignina sobresale el segundo análisis con un 20.43% dando una diferencia de 8.62% con respecto al primero. El porcentaje de este parámetro es alto, lo que afectaría la nutrición de rumiantes porque limita la digestibilidad del forraje, la disponibilidad de proteínas y carbohidratos, reduciendo el consumo voluntario (Roberts, 2009).

Gracia (2021) menciona que luego de determinar la fibra detergente ácido, uno de los compuestos de esta fracción lo constituye la lignina, que se determina disolviendo u oxidando los componentes orgánicos de la fracción detergente ácida con unas soluciones de H₂SO₄ al 72% en peso o una solución de KMnO₄.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El comportamiento agronómico del algarrobo, valorado a los 150 días, en altura, brotes y ramas mostraron un alto potencial de crecimiento al realizar el corte de igualación, lo que podría ser una opción para utilizar la biomasa como forraje para los rumiantes.
- La calidad nutricional del algarrobo (*Prosopis juliflora*) indica que esta especie tiene un alto potencial nutritivo, como una alternativa fuente de forraje para la alimentación de rumiantes que pueden utilizar los pequeños productores ganaderos.
- Los resultados obtenidos en la calidad nutricional de la biomasa del algarrobo permiten aceptar la hipótesis planteada.

Recomendaciones

- Continuar con la investigación y determinar la calidad nutricional del fruto (*Prosopis juliflora*), para ser utilizada como una fuente viable para la alimentación de rumiantes.
- Realizar este estudio en la época de invierno previo a la etapa de latencia del algarrobo que permita cuantificar el rendimiento
- Evaluar la palatabilidad del cultivo, como alimento sustitutivo en sistemas de explotación intensivos de ganado caprino y bovino.
- Realizar análisis de toxicidad de la biomasa del cultivo para valorar la cantidad máxima a utilizar en los animales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Gonzales Muñoz, John Joe (2022). Efecto de láminas de riego en la calidad nutricional de *Leucaena trichoides* Jacq. Willd para forraje, en Río Verde, Santa Elena. La Libertad. UPSE, Matriz. Facultad de Ciencias Agrarias. 31p.
- Constante Suárez, Carelys Ximena (2022). Efecto de láminas de riego al inicio del desarrollo vegetativo de la moringa (*Moringa oleífera* Lam.), para forraje, en Río Verde - Santa Elena. La Libertad. UPSE, Matriz. Facultad de Ciencias Agrarias. 32p.
- Castro Del Pezo, Nallely Marcia (2022). Propagación y prendimiento inicial del algarrobo (*Proposis juliflora*) para uso forrajero en la comuna Río Verde provincia de Santa Elena. La Libertad. UPSE, Matriz. Facultad de Ciencias Agrarias. 23p. AgroFresh. (2016). PortalFruticola.com. Obtenido de <https://www.portalfruticola.com/noticias/2016/08/14/que-es-le-coeficiente-de-cultivo-kc-en-riego-valores-por-especie/>
- Alban. (2019). Cloning off elite, multipurpose trees of the *prosopis juliflora/pallida* complex in Piura. Perú: Universidad de Piura.
- Aurand. (2021). Food deterioration, preservation, and contamination. in food composition and analysis. 1era ed. st. . London, England: Edit. Chapman & hall.
- Bacab. (2012). Efecto de la altura de poda en *Leucaena leucocephala* y su influencia en el rebrote y rendimiento de *Panicum maximum*. Yucatán: Universidad Autónoma de Yucatán.
- Balmaseda. (20 de 05 de 2019). Características de los suelos del centro de producción y prácticas. Obtenido de <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/656/540#:~:text=En%20los%20>
- Brik. (2016). Feedipedia.org- un programa de Inra, Cirad, afz y el Fao. .
- Briones. (2017). Proyecto de inversión para la comercialización de productos elaborados de algarrobo como una nueva línea de producto para la universal. Guayaquil: Escuela superior politécnica del litoral.
- Burghardt. (2019). Análisis numérico de las especies de *prosopis* l. (fabaceae) de las costas de Perú y Ecuador. Perú y Ecuador: Scielo, 17(2).

- Castro. (2019). Lamina Bruta (Lb) de Aplicación de Agua y Capacidad Preliminar del Sistema. Recuperado el 23 de 11 de 2022, de <https://elknol.wordpress.com/article/lamina-bruta-lb-de-aplicacionde-agua-y-1i29ptfum49sf-26/>
- Catarino. (2018). El algarrobo: una Planta Ejemplar. en: Naturota. Council of Europe. no. 73 (2018).
- Cruz. (2019). Capacidad de uso de las tierras del centro de producción y prácticas Río Verde. Santa Elena: Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Dante. (2019). Estudio comparativo entre frutos de prosopis alba y prosopis pallida en: multequina. Latinoamericana Journa.
- Dostert. (2018). Botánica: Algarrobo prosopis pallida (humb. & bonpl. exwilld.) kunth. Lima: Giacomotti Comunicación Gráfica sac.
- Folliot. (2022). morfología y anatomía de las especies de prosopis u. d. Arizona, ed. En Manual sobre taxonomía de prosopis en México, Perú y Chile (pág. 6). México, Perú y Chile.
- Galera. (2021). Los algarrobos, las especies del género prosopis (algarrobos) de América Latina con especial énfasis en aquellas de interés económica. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.
- Gracia. (2021). Guía para el análisis de bromatológico de muestras de forrajes. Panamá-Panamá: Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Panamá, 1era ed.
- Guevara. (2022). Manual de bromatología. Riobamba- Ecuador: Facultad de Ciencias Pecuarias, Espoch. 3era ed.
- Iniap, I. n. (2021). Manual de pastos tropicales. información técnica agropecuaria iniap. Quito- Ecuador: Administración central.
- I, R. H. (2020). Costa Rica: Costa Rica: finca Leola.
- Lino. (2018). Estudio agro socio económico de la producción del fruto del algarrobo (prosopis. La Libertad, Santa Elena, Ecuador: Universidad Estatal Península de Santa Elena.

- Llano. (2018). Arqueología experimental y valoración nutricional del fruto de algarrobo.
- Martínez. (2018). Digestibilidad de la pulpa de algarrobo (*prosopis juliflora*). Institucional Universidad Tecnológica del Chocó.
- Mederos. (2016). Utilización de forraje del algarrobo revista computadorizada de producción 7(1).
- Mendoza. (2017). Especies Forestales Bosques Secos. Ecuador, Quito: Ministerio del Ambiente de Ecuador – MAE.
- Ordoñez. (2019). Análisis Bromatológico, en la Especie *Leucaena leucocephala*, mediante el usometodológico de weendel y van soest (Química húmeda). Popayán: Universitaria de Popayán.
- Pasiecznik. (2021). the *prosopis juliflora* - *prosopis pallida* complex: a monograph, Coventry:Academia.
- Ribaski. (2020). Potencial del algarrobo (*prosopis juliflora*) en sistemas silvopastoriles en el semiárido de Brasil. En d. d. p. y. s. animal, ed.agroforestería para la producción animal en América Latina (págs. 110-119). Paraná: Centro de Investigación Forestal Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura (fao).
- Sherman. (2019). Leguminosas forrajeras tropicales. Colección fao: Producción y Protección Vegetal .

ANEXOS

Figura A 1. Análisis bromatológico del algarrobo (*Prosopis juliflora*) a los 60 días.

	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1, CutuglaguaTifs, 2690691-3007134, Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340		MC-LSAIA-2201 Rev. 9			
INFORME DE ENSAYO N°:23-0107						
**NOMBRE DEL PETICIONARIO: **DIRECCIÓN: FECHA DE EMISIÓN: FECHA DE ANÁLISIS: ANÁLISIS SOLICITADOS	Ing. Araceli Solís Via la Libertad Santa Elena 07/09/2023 Del 15 de agosto al 07 de septiembre del 2023 Proximal y Van soest	**INSTITUCIÓN: **ATENCIÓN: FECHA DE RECEPCIÓN: HORA DE RECEPCIÓN:	Particular Ing. Araceli Solís 15/08/2023 14h42			
RESULTADOS DE ANÁLISIS						
ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	Mezcla Forrajera	23-0740	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	72,41	%
CENIZAS [□]	Mezcla Forrajera	23-0740	MO-LSAIA-01.02	U. FLORIDA 1970	8,80	%
EXTRACTO ETEREÓ (EE) [□]	Mezcla Forrajera	23-0740	MO-LSAIA-01.03	U. FLORIDA 1970	2,30	%
PROTEÍNA [□]	Mezcla Forrajera	23-0740	MO-LSAIA-01.04	U. FLORIDA 1970	22,32	%
FIBRA [□]	Mezcla Forrajera	23-0740	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	45,28	%
ELEMENTOS LIBRES DE NITRÓGENO E.L.N.	Mezcla Forrajera	23-0740	MO-LSAIA-01.06	U. FLORIDA 1970	21,31	%
FDN [□]	Mezcla Forrajera	23-0740	MO-LSAIA-02.01	U. FLORIDA 1970	48,94	%
FDA [□]	Mezcla Forrajera	23-0740	MO-LSAIA-02.02	U. FLORIDA 1970	36,34	%
LIGNINA [□]	Mezcla Forrajera	23-0740	MO-LSAIA-02.03	U. FLORIDA 1970	11,81	%
OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente. La toma de muestra no es responsabilidad del laboratorio, le corresponde al cliente. Los ensayos marcados con (L) se reportan en base seca. Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con la muestra sometida a ensayo que se detalla en este documento tal como se recibió. El laboratorio se responsabiliza de toda la información suministrada en el informe, excepto cuando la información la suministre el cliente. NOTA DE DESCARGO: Si el lector de este correo electrónico no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. De igual manera, la información entregada por el cliente, generada durante las actividades del laboratorio e información contenida en este informe es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por éste. Los datos marcados con ** son suministrados por cliente, el laboratorio no se responsabiliza por esta información.						
		RESPONSABLES DEL INFORME				
Nombre	Dr. Iván Samaniego, PhD		Ing. Bladimir Ortiz			
Cargo	RESPONSABLE DNC		RESPONSABLE DE CALIDAD			
Firma						
Fecha	2023-09-07		2023-09-07			
Página 1						

Figura A 2. Análisis bromatológico del algarrobo (*Prosopis juliflora*) a los 90 días.

	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1, CutuglaguaTifs, 2690691-3007134, Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340		MC-LSAIA-2201 Rev. 9			
INFORME DE ENSAYO N°:23-0142						
**NOMBRE DEL PETICIONARIO: **DIRECCIÓN: FECHA DE EMISIÓN: FECHA DE ANÁLISIS: ANÁLISIS SOLICITADOS	Ing. Araceli Solís Via la Libertad Santa Elena 27/11/2023 Del 17 al 27 de noviembre del 2023 Proximal y Vansoest	**INSTITUCIÓN: **ATENCIÓN: FECHA DE RECEPCIÓN: HORA DE RECEPCIÓN:	Particular Ing. Araceli Solís 17-11-25023 8h00			
RESULTADO DE ANÁLISIS						
ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	Especie Forrajera Prosopis juliflora	23-0949	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	60,05	%
CENIZAS [□]	Especie Forrajera Prosopis juliflora	23-0949	MO-LSAIA-01.02	U. FLORIDA 1970	6,19	%
EXTRACTO ETEREÓ (EE) [□]	Especie Forrajera Prosopis juliflora	23-0949	MO-LSAIA-01.03	U. FLORIDA 1970	3,78	%
PROTEÍNA [□]	Especie Forrajera Prosopis juliflora	23-0949	MO-LSAIA-01.04	U. FLORIDA 1970	15,01	%
FIBRA [□]	Especie Forrajera Prosopis juliflora	23-0949	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	26,70	%
ELEMENTOS LIBRES DE NITRÓGENO E.L.N.	Especie Forrajera Prosopis juliflora	23-0949	MO-LSAIA-01.06	U. FLORIDA 1970	48,31	%
FDN [□]	Especie Forrajera Prosopis juliflora	23-0949	MO-LSAIA-02.01	U. FLORIDA 1970	57,23	%
FDA [□]	Especie Forrajera Prosopis juliflora	23-0949	MO-LSAIA-02.02	U. FLORIDA 1970	42,57	%
LIGNINA [□]	Especie Forrajera Prosopis juliflora	23-0949	MO-LSAIA-02.03	U. FLORIDA 1970	20,43	%
OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente. La toma de muestra no es responsabilidad del laboratorio, le corresponde al cliente. Los ensayos marcados con (D) se reportan en base seca. Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con la muestra sometida a ensayo que se detalla en este documento tal como se recibió. El laboratorio se responsabiliza de toda la información suministrada en el informe, excepto cuando la información la suministre el cliente. NOTA DE DESCARGO: Si el lector de este correo electrónico no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. De igual manera, la información entregada por el cliente, generada durante las actividades del laboratorio e información contenida en este informe es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por éste. Los datos marcados con ** son suministrados por cliente, el laboratorio no se responsabiliza por esta información.						
		RESPONSABLES DEL INFORME				
Nombre	Dr. Iván Samaniego, PhD					
Cargo	RESPONSABLE DNC					
Firma						
Fecha	2023-11-27					
Página 1						

Figura A 3. Algarrobo antes de la poda.



Figura A 4. Limpieza del área del cultivo de algarrobo.



Figura A 5. Corte de igualación del algarrobo a los 40 cm del tallo.



Figura A 6. Primeros brotes luego del corte de igualación.



Figura A 7. Medición del algarrobo con ayuda de un flexómetro.



Figura A 8. Toma de 1kg de muestra para ser enviado a laboratorio, primer análisis a los 60 días.



Figura A 9. Envío de la muestra de biomasa a laboratorio.

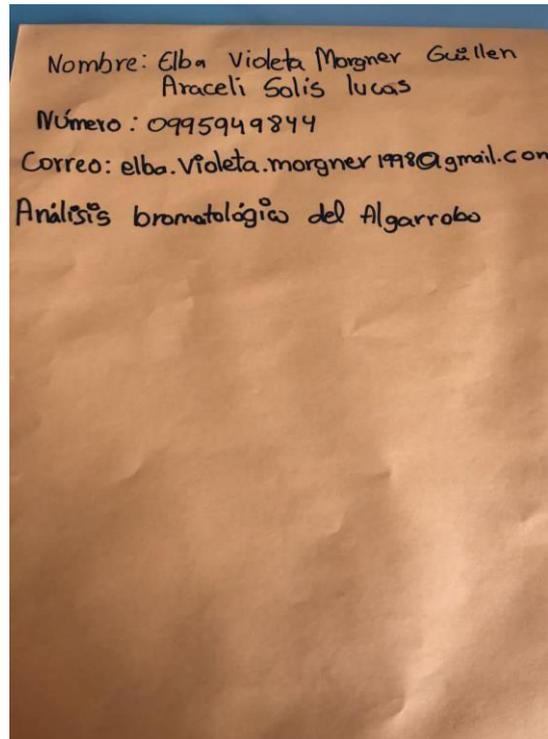


Figura A 10. Tutora y estudiante a cargo de la tesis.



Figura A 11. Toma de la primera muestra de análisis para ser enviado a laboratorio.



Figura A 12. Toma de segunda muestra de análisis para ser enviado a laboratorio a los 90 días, luego del corte de igualación.



Figura A 13. Algarrobo luego de 150 días luego del corte.



Figura A 14. Datos evaluados en las plantas.

Datos			Al primer análisis enviado a laboratorio 9 de agosto							Al segundo análisis enviado a laboratorio 9 de noviembre							
Antes del corte de igualación			Altura		Diámetro		Brotos			Altura			Diámetro		Ramas		
No.	Altura	Diámetro del tallo	30 días	60 días	30 días	60 días	7 días	15 días	21 días	90 días	120 días	150 días	90 días	120 días	150 días	60 días	90 días
1	1.78	2.4	0.45	0.9	2.4	2.4	9	26	45	1.2	1.52	1.56	2.4	2.4	2.4	53	53
2	2.6	2.6	0.48	0.7	2.6	2.6	8	24	48	0.82	1.2	1.26	2.6	2.6	2.6	59	59
3	3.1	4.2	0.51	0.75	4.2	4.2	5	19	51	0.65	0.86	0.92	4.2	4.2	4.2	64	64
4	1.7	1.5	0.42	0.7	1.5	1.5	7	22	42	0.92	1.1	1.16	1.5	1.5	1.5	57	57
5	2.5	3.7	0.45	1.4	3.7	3.7	6	17	45	1.52	1.67	1.71	3.7	3.7	3.7	59	59
6	2.1	1.8	0.46	1.62	1.8	1.8	7	23	46	1.75	1.81	1.86	1.8	1.8	1.8	57	57
7	2.6	4.5	0.41	2.00	4.5	4.5	8	27	41	2.1	2.21	2.32	4.5	4.5	4.5	58	58
8	2.4	2.2	0.53	1.5	2.2	2.2	9	29	53	1.66	1.71	1.82	2.2	2.2	2.2	65	65
9	2.08	3.2	0.49	1.85	3.2	3.2	7	26	49	1.91	2	2.09	3.2	3.2	3.2	58	58
10	2.3	3.5	0.42	1.93	3.5	3.5	6	22	42	2	2.21	2.26	3.5	3.5	3.5	57	57
11	1.6	2.5	0.41	2.6	2.5	2.5	5	20	41	2.71	2.83	2.86	2.5	2.5	2.5	55	55
12	2.5	4.5	0.49	1.6	4.5	4.5	9	27	49	1.72	1.81	1.87	4.5	4.5	4.5	65	65
13	1.9	3.5	0.46	1.16	3.5	3.5	7	25	46	1.31	1.43	1.47	3.5	3.5	3.5	64	64
14	1.6	3.1	0.48	1.76	3.1	3.1	6	24	48	1.82	1.91	1.95	3.1	3.1	3.1	65	65
15	1.3	1.6	0.47	1.85	1.6	1.6	8	26	47	2.00	2.12	2.16	1.6	1.6	1.6	66	66
16	2.1	3.7	0.43	1.91	3.7	3.7	6	23	43	2.00	2.1	2.11	3.7	3.7	3.7	59	59
17	1.9	3.1	0.9	1.25	3.1	3.1	4	4	10	1.36	1.43	1.76	3.1	3.1	3.1	16	16
18	2.2	3.5	0.91	1.55	3.5	3.5	3	3	5	1.61	1.72	1.76	3.5	3.5	3.5	5	5
19	2.5	4.3	0.43	1.62	4.3	4.3	5	21	43	1.66	1.71	1.78	4.3	4.3	4.3	55	55
20	1.95	2.9	0.39	1.72	2.9	2.9	6	18	39	1.81	1.92	1.95	2.9	2.9	2.9	48	48
Promedio	2.14	3.12	1.20	1.52	3.12	3.12	7	21	54	1.63	1.76	1.80	3.13	3.13	3.13	54	54