

Elaboración de papel con seis variedades de *pennisetumpurpureum schumach* en Veracruz, México



Elaboration of paper with six varieties of *pennisetum purpureum schumach* in Veracruz, México

Capetillo-Burela, Á; Zetina-Lezama, R.; Reynolds-Chávez, M. A.; Cadena:Zapata, M.; López-López, J. A.; Matilde-Hernández, C.; Espinoza del Carmen, A.; Editor académico Prof. Doctorante Dagoberto Pérez

ID Á Capetillo-Burela

capetillo.angel@inifap.gob.mx
Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP.
Km 34.5 Carretera Veracruz Córdoba, Medellín,
Veracruz, México., Mexico

ID R. Zetina-Lezama

zetina.rigoberto@inifap.gob.mx
Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP.
Km 34.5 Carretera Veracruz Córdoba, Medellín,
Veracruz, México., Mexico

ID M. A. Reynolds-Chávez

muchachoc@hotmail.com
Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP.
Km 34.5 Carretera Veracruz Córdoba, Medellín,
Veracruz, México., Mexico

ID M. Cadena:Zapata

martincadenaz@gmail.com
Universidad Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila,
México., Mexico

ID J. A. López-López

juan.alopez@uaaan.edu.mx
Universidad Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila,
México., Mexico

ID C. Matilde-Hernández

matilde.cristian@inifap.gob.mx
Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP.
Km 34.5 Carretera Veracruz Córdoba, Medellín,
Veracruz, México., Mexico

ID A. Espinoza del Carmen

abiut76@gmail.com
Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP.
Km 34.5 Carretera Veracruz Córdoba, Medellín,
Veracruz, México., Mexico
Editor académico Prof. Doctorante Dagoberto Pérez
dagoberto.perez@ues.edu.sv

Resumen: En la actualidad el impacto ambiental de los combustibles fósiles ha generado la búsqueda de fuentes alternativas de energías como la biomasa de caña de azúcar y pastos forrajeros. Con el objetivo de generar alternativas para la producción de fibra y celulosa similares a la que se obtiene con el bagazo de caña de azúcar, fueron evaluadas a nivel laboratorio seis variedades de *Pennisetum purpureum* Schumach (OM-22, Camerún, Maralfalfa, CT-115, Roxo y Urockowona) a los 120, 150 y 200 días después de la siembra (dds). Las variedades fueron sembradas en punta y cola en cordón doble en franjas de 5 surcos de 1.2 metros entre surcos y 20 metros de longitud. El suelo fue clasificado como un vertisol con pH de 5.4, textura arcillosa y 2.6% de MO. Los resultados muestran que la OM-22, Camerun, Maralfalfa, Roxo y Urockowona presentaron buen potencial para la producción de fibra y celulosa a los 150 dds, descartando a la variedad CT-115. La variedad Urockowona, presentó el mayor contenido de Fibra Apta y Seca (FAS) en las tres fechas de corte, sobresaliendo a los 150 dds con 34.4%; mientras que el resto no superaron el 25% en las tres fechas evaluadas. El rendimiento de biomasa total fue similar en las seis variedades evaluadas en su primer corte superando las 80 t ha⁻¹ en verde a partir de los 150 dds. Se concluye que las variedades Urockowona, Camerun y Maralfalfa son las de mayor potencial para la producción de fibra y celulosa para hacer papel.

Palabras clave: Fibra, Bagazo, Blanqueo, Pulpa, FAS.

Abstract: At present, the environmental impact of fossil fuels has generated the search for alternative sources of energy such as biomass from sugar cane and fodder pastures. In order to generate alternatives for the production of fiber and cellulose similar to that obtained with sugarcane bagasse, six varieties of *Pennisetum purpureum* Schumach were evaluated at the laboratory level (OM-22, Cameroon, Maralfalfa, CT-115, Roxo and Urockowona) at 120, 150 and 200 days after sowing (das). The varieties were sown in tip and tail in double cordon in strips of 5 furrows of 1.2 meters between rows and 20 meters in length. The soil was of a vertisol soil type with a pH of 5.4, clayey texture and 2.6% OM. It was found that OM-22, Cameroon, Maralfalfa, Roxo and Urockowona presented good potential for the production of fiber and cellulose at 150 das, discarding

Universidad de El Salvador., El Salvador

Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua

ISSN-e: 2410-7980

Periodicidad: Semestral

vol. 7, núm. 14, 2021

czuniga@ct.unanleon.edu.ni

Recepción: 10 Agosto 2021

Aprobación: 10 Octubre 2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/394/3941761007/index.html>

DOI: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v7i14.12608>

Autor de correspondencia: capetillo.angel@inifap.gob.mx

the variety CT-115. The Urockowona variety, presented the highest content of Suitable and Dry Fiber (SDF) in the three cut-off dates, excelling at 150 das with 34.4%; while the rest did not exceed 25% in the three evaluated dates. The total biomass yield was similar in the six varieties evaluated in their first cut, exceeding 80 t ha⁻¹ in green from 150 das. It is concluded that the Urockowona, Camerun and Maralfalfa varieties are the ones with the greatest potential for the production of fiber and cellulose to make paper.

Keywords: Fiber, Bagasse, Bleaching, Pulp, SDF.

INTRODUCCIÓN

En México la industria mexicana del papel está en su mayoría fundamentada en la utilización de fibras recicladas, ya que el consumo de papel reciclado en nuestro país es uno de los más altos del mundo, ocupando el cuarto lugar en el índice de utilización de fibras de madera con un consumo anual de cinco millones 224 mil toneladas y que se ha reflejado en los últimos años, un incremento en el consumo por persona de 21 a 54 kg por año (Cámara del Papel, 2013). Este fenómeno refleja la importancia del consumo del papel para el desarrollo de la humanidad; ya que es utilizado en la mayoría de las actividades cotidianas como por ejemplo uso del papel higiénico, servilletas de papel, oficina, libros, papel-moneda (dinero), invitaciones, entre otras, es decir durante todo el día, el papel está presente en nuestras vidas diarias. Datos recientes indican que en México la industria del papel utiliza el 60% de fibra virgen y 40% reciclada; sin embargo, para la producción de fibras virgen se requieren plantaciones forestales con explotación controladas, u otros cultivos alternativos como la caña de azúcar y pastos del género *Pennisetum purpureum*, sin considerar que en México ya no se cuentan con bosques y selvas destinados para este tipo de explotación (Capellán Pérez et al., 2014).

En México, el bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), es el residuo lignocelulósico del proceso de fabricación del azúcar; es decir, un subproducto agroindustrial que en los últimos años se ha empleado para la producción de energía (eléctrica, mecánica y vapor) (Kumar et al., (2020); Demafelis et al., (2020) y en la industria de pulpa y papel como fuente de celulosa con una capacidad instalada de 674,000 t año⁻¹, aproximadamente del 2-5% de la producción global de pulpa para productos de papel, (FAO, 2011). La mayor expansión y desarrollo tecnológico en el empleo de esta materia prima para la industria de pulpa y papel, tuvo lugar durante el desarrollo de los derivados de la caña de azúcar (1968-1978) (Triana et al., 2011); sin embargo, en la presente década se ha hecho evidente una tendencia al retroceso en el uso del bagazo en la industria de pulpa y papel con respecto a fibras no maderables como bambú y pajas (Zevallos, 2019), por la incertidumbre en el abastecimiento de este subproducto a causa de las crisis azucarera y a su uso extensivo como combustible (5.2 t de bagazo a 50 % humedad son equivalentes por t de fuel-oil) en cogeneración en plantas de etanol y azúcar, como reflejo de los inestables precios del petróleo, impactos ambientales, competencia con fibra reciclada y con papel y cartón producidos de madera en países desarrollados (Rainey

NOTAS DE AUTOR

capetillo.angel@inifap.gob.mx

et al., 2016). Esto, junto a la preocupación por el impacto ambiental de los combustibles fósiles, impulsa la necesidad de investigar en la producción de fuentes alternativas de energía, entre ellas la utilización de biomasa (Egwu, 2021); Vieira et al., (2020). Autores como Ra et al., (2012) explican que debido al aumento del precio del combustible fósil y a la necesidad de reducir la emisión de gases de efecto invernadero Vaina Otero et al., (2018), se estimuló a partir del año 2000 el aumento de la producción global de energía renovable a partir de biomasa; por lo que la utilización de cultivos perennes tiene múltiples ventajas, ya que ayudarían a reducir la degradación de los suelos, bajarían la dependencia en petróleo y reducirían las emisiones de gases de efecto invernadero Vaina Otero et al., (2018). En este sentido, la mayoría de los pastos de corte del género *Pennisetum purpureum*, son una opción de cultivos diferenciados con alto contenido de fibra y celulosa tal como lo mencionan Lim (2020); Grillo et al., (2020); Umami et al., (2020) , ya que se desarrollan adecuadamente en diversos ambientes agroecológicos con altas producciones de biomasa (tallos y hojas) para forraje a partir de los 70 días después de la siembra (Paretas, 1990); sin embargo, cuando éstos son cosechados entre los 120 a 180 dds, pueden alcanzar volúmenes superiores a las 130 t ha⁻¹ de materia verde que pueden ser utilizadas en primer lugar como planta de corte para suministrar en los corrales, ensilajes con una calidad inferior al maíz (*Zea mays*) o sorgo (*Sorghum bicolor*) Fahmi et al., (2021), Huang et al.,(2021), Mon#ao et al., (2020) , fabricación de pellets, cercas vivas, protección de terrazas en suelos con pendiente, abonos verdes, silo, energía (Fontoura, Brandão y Gomes, 2015; Falasca, Flores y Galvani, 2011; Ukanwoko e Igwe, (2012); Ribeiro et al., (2014) y papel de alta calidad industrial. Estas opciones diferenciadas han convertido a estos pastos de corte, en una alternativa agrícola estratégica para México por los problemas que se tienen actualmente en aspectos del cambio climático, calentamiento global y el uso de energías limpias amigables con el ambiente, tratando de mitigar la perturbación de los ecosistemas naturales de nuestro país. El objetivo de la investigación fue evaluar a nivel laboratorio seis variedades de *Pennisetum purpureum Schumach* (OM-22, Camerun, Maralfalfa, CT-115, Roxo, Urockowona a los 120, 150 y 200 días después de la siembra) para la producción de celulosa y papel a nivel laboratorio con características similares a las que se obtienen con el bagazo de caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las seis variedades de *Pennisetum purpureum Schumach* (OM-22, Camerun, Maralfalfa, CT-115, Roxo, Urockowona) fueron colectadas en el Campo Experimental La Posta del INIFAP ubicado en el km 22.5 de la carretera libre Veracruz-Córdoba, en Paso del Toro, municipio de Medellín de Bravo, Ver., a 19° 02' de Latitud Norte, 96° 08' Longitud Oeste y altitud de 16 m; las cuales fueron sembradas en la localidad de Piedras Negras, Veracruz en la modalidad de punta y cola en cordón doble en franjas de 5 surcos de 20 metros de longitud con una separación entre surcos de 1.2 metros. El clima de la región de acuerdo con García (1987) y Soto et al., (2001) corresponde a cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw1), con temperaturas media de 25.4°C y precipitación anual de 1,337 mm. El suelo fue clasificado como vertisol, con pH de 5.4, textura arcillosa y 2.6% de materia orgánica (MO). El manejo agronómico que recibieron las variedades consistió en la aplicación de riegos de auxilio por gravedad, aplicación de pre emergente, control químico de malezas los primeros 60 días después de la siembra, control de las principales plagas del follaje como el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y grillos (*Tettigonia viridissima*), fertilización en dosis de 180-60-80 unidades de N-P-K (50% a la siembra y el 50% restante a los 60 días después de la primera aplicación. La cosecha se realizó de forma manual a los 120, 150 y 200 días después de la siembra, las cuales en cada una de las tres fechas se trasladó una muestra de 100 Kg de material vegetativo a laboratorio para la realización de los análisis necesarios basados en las Normas de la TAPPI para la extracción de celulosa para hacer papel Tal como trabajos realizados previamente por Wei-Kit et al., (2017) Daud et al., 2014).

Entrega/recepción de material vegetativo. Las seis muestras (una por variedad) de *Pennisetum purpureum* fueron entregadas a laboratorio a los 120, 150 y 200 días después de la siembra en la modalidad de

planta completa (tallos, hojas y cogollo); las cuales en cada una de esas fechas se les determinó el % Humedad, % Fibra/Polvillo, % de Sólidos Solubles Totales (SST) y Arena, así como su comportamiento en el proceso de cocimiento y blanqueo para la obtención de celulosa para hacer papel. Cada una de las variedades de pastos fueron desfibradas en su totalidad (planta completa), para su posterior lavado ligero simulando el proceso de bombeo a nivel industrial, y con ello y eliminar el contenido de arena y médula generada durante ese proceso. El cocimiento de la celulosa se llevó a cabo en un digestor piloto con las condiciones de operación para las 18 muestras con sus respectivas 5 repeticiones (Cuadro 1). Durante el proceso de extracción de fibra y celulosa también se realizaron las siguientes determinaciones: a) Pulpa cocida, que contempló las determinaciones del Rendimiento Pulpa Cocida, Factor de Consumo, Rechazo, N° de Permanganato (pulpa depurada), Freeness (pulpa depurada) y Blancura (pulpa depurada); y b) Celulosa Blanqueada que contempló las determinaciones de la Blancura Inicial, Blancura Neta, Regresión, Área Sucia, Opacidad, Bulk, F. Explosión, Factor Rasgado, Long. Ruptura (Tensión) y Freeness. Tal y como se determinaron en los trabajos publicados por Andrade, (2016), Tamminen et al., (2018), Prinsen et al., (2012), Basso et al., (2014)

CUADRO 1.
Condiciones de operación a nivel laboratorio utilizadas para la extracción de celulosa de seis variedades de *Pennisetum purpureum* en las tres fechas de corte a nivel laboratorio

Actividad Indicador	
Presión de Vapor (Kg/cm ²)	8.50
% de Sosa	18
Tiempo de reacción (min.)	15
Temperatura de reacción (°C)	178

Fuente: Elaboración propia.

El blanqueo de la fibra y celulosa se llevó a cabo en tres etapas a nivel laboratorio y bajo las mismas condiciones de operación para las 18 muestras con sus respectivas repeticiones consideradas en las tres fechas de corte (Cuadro 2).

CUADRO 2.
Condiciones de operación para el blanqueo de la fibra y celulosa.

Indicadores por etapas	Unidad de medida	Cantidad
Etapa 1º. Etapa (hipoclorito)		
Consistencia	%	3.5
Temperatura	°C	48
Tiempo	min.	40
Dosificación de Hipoclorito	%	4.0
Etapa 2º Etapa (EP)		
Consistencia	%	10
Temperatura	°C	84
Tiempo	min.	90
Dosificación de Peróxido	%	2
Dosificación de Sosa	%	1.3
Etapa 3º Etapa (P)		
Consistencia	%	10
Temperatura	°C	80
Tiempo	min.	150
Dosificación de Peróxido	%	1.0
Dosificación de Sosa	%	0.4

Fuente: Elaboración propia

Métodos y Normas. En las tres fechas de corte de las seis variedades de pastos, se utilizaron los siguientes procedimientos: Método rutinario para el muestreo homogéneo en campo y laboratorio de *Pennisetum Purpureum Schumach*, determinación de humedad en fibra, polvillo, sólidos solubles totales, arena, humedad del pasto en trozos, contenido de hoja, así como las Normas establecidas por la TAPPI en el Método Útil 3 (TAPPI, 2010); utilizados cada uno de esos parámetros para la determinación de fibra útil en bagazo de caña de azúcar (Osorio et al., 2007) y (Alves et al., 2010)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Indicadores de planta completa. Los principales indicadores determinados a los 150, 180 y 200 días después de la siembra en la planta completa fueron el % Humedad, % de Sólidos Solubles Totales (SST), % de Hoja y % de Fibra Apta y Seca (FAS). Para el caso de la variable humedad, se encontró que la mejor época de corte fue a los 150 dds en cinco de las seis variedades. Lo cual concuerda a lo mencionado por Calzada et al., (2014), debido a que presentaron una humedad promedio del 68.6% con respecto a los cortes realizados a los 120 y 200 dds; los cuales presentaron un promedio de 80.3 y 76.0 % de humedad respectivamente, en las fechas antes mencionadas (Cuadro 3). Este comportamiento se debe que los 120 dds los hijuelos que integran las cepas presentan más agua que fibra por ser un pasto forrajero; mientras que a los 200 dds, las cepas ya emitieron más de dos generaciones de hijuelos y eso conlleva, que al cortarla se tenga una mezcla de hijuelos tiernos con tallos maduros que provocan un incremento en la concentración de agua al realizar la mezcla del material cosechado (Adeniyi et al., 2020). En lo que respecta a la variable SST, se encontró que en la mayoría de las variedades disminuyeron conforme avanzaba la edad del cultivo tal como lo menciona Madera et al., (2013), excepto en la variedad Urockowona; las cual se comportó de manera diferente, debido que a mayor edad tuvo la planta mayor la concentración de SST; así mismo, para el caso del porcentaje de hoja, se encontraron resultados similares a los mencionados por (Ramírez et al., 2021), en las que estas

disminuyeron conforme crecía la planta logrando obtener una relación tallo/hoja de 70:30 a partir de los 180 dds, lo cual se debe a que a partir de los 90 dds inicia la senescencia de manera natural de los tallos fibrosos en todas las variedades evaluadas. De acuerdo con Botero et al., (2021), un factor determinante en el proceso de la producción de fibra y celulosa es el contenido de la Fibra Apta y Seca (FAS), la cual se incrementó considerablemente a los 150 dds en cinco de las seis variedades (OM-22, Camerun, Maralfalfa, Roxo y Urockowona); lo cual refleja que estos cinco pastos deben ser cosechados a los 150 dds y no a los 120 y 200 dds.

CUADRO 3.
Comportamiento de seis variedades en las variables del porcentaje de Humedad, Sólidos Solubles Totales, Hoja y Fibra Apta y Seca (FAS) en tres fechas de corte.

Variedad	120 días después de la siembra (%)				150 días después de la siembra (%)				200 días después de la siembra (%)			
	Humedad	SST	Hoja	FAS	Humedad	SST	Hoja	FAS	Humedad	SST	Hoja	FAS
OM-22	84.1	37.6	22.8	9.9	76.6	31.8	40.6	17.4	76.3	35.6	42.0	15.1
Camerun	72.6	56.0	64.9	12.1	64.1	33.0	32.2	24.0	73.8	34.1	19.3	17.1
Maralfalfa	82.7	42.7	46.8	9.6	65.6	26.0	45.6	25.5	75.0	24.0	26.2	18.9
CT-115	84.4	29.7	43.6	11.0	78.4	45.5	44.3	11.8	74.9	26.2	35.6	18.3
Roxo	85.8	28.8	43.0	10.1	71.0	25.6	43.8	22.7	76.0	27.7	32.8	11.3
Urockowona	72.2	27.9	28.2	20.1	56.1	21.6	56.5	34.4	80.3	35.5	27.9	12.6

Fuente: Elaboración propia

Indicadores de Pulpa Cocida. En este parámetro se realizaron seis determinaciones en las tres fechas de corte que fueron el Rendimiento Pulpa Cocida (%), Permanganato (mL), Freeness (mL) y Blancura (%). Para el caso de la pulpa cocida, el mejor comportamiento fue para la cosecha realizada a los 120 dds, lo cual se debe a que la fibra está mucho más blanda en su cocimiento que las cosechas realizadas a los 150 y 200 dds; sin embargo, la cantidad de fibra que se obtiene en esas fechas no es la adecuada para fines industriales. El menor consumo de permanganato (mL), utilizado en el cocimiento de la fibra a los 150 dds fue para la variedad Urockowona, Maralfalfa y Camerún con 9.1, 9.7 y 9.9% respectivamente; mientras que a los 200 dds fue para las variedades Urockowona y Roxo con 8.0 y 8.5%; sobresaliendo nuevamente la primera variedad en un menor consumo de permanganato para el cocimiento de la pulpa de pasto *Pennisetum* (Cuadro 4). En lo que respecta al porcentaje de blancura de la pulpa cocida, se encontró que a los 150 dds la mejor blancura fue para las variedades Camerún, OM-22 y Maralfalfa con 37.7, 33.8 y 33.7% respectivamente; mientras que a los 200 dds el mayor porcentaje de blancura de la pulpa cocida fue para las variedades Maralfalfa, Urockowona y Roxo con 37.4, 35.8 y 31.8% para esas variedades.

CUADRO 4.
Comportamiento de indicadores en la Pulpa cocida de seis variedades de *Pennisetum purpureum* a los 120, 150 y 200 días después de la siembra.

Indicadores	OM-22	Camerún	Maralfalfa	CT-115	Roxo	Uroxxowona
120 dds						
Rendimiento (%)	56.1	55.6	51.4	51.3	56.8	56.4
Permanganato (mL)	8.5	8.8	9.4	8.5	12.0	9.8
Freenes (mL)	120.0	120.0	86.0	140.0	170.0	29.0
Blancura de pulpa (%)	32.7	33.2	33.2	37.0	31.7	38.8
150 dds						
Rendimiento (%)	48.1	46.1	47.1	45.2	52.2	47.2
Permanganato (mL)	11.0	9.9	9.7	14.0	11.2	9.1
Freenes (mL)	250.0	405.0	260.0	200.0	185.0	270.0
Blancura de pulpa (%)	33.8	37.7	33.6	28.3	30.0	32.7
200 dds						
Rendimiento (%)	51.9	49.1	46.1	43.7	47.7	36.4
Permanganato (mL)	10.9	10.1	10.6	13.5	8.5	8.0
Freenes (mL)	220.0	210.0	250.0	290.0	180.0	255.0
Blancura de pulpa (%)	26.7	28.5	37.4	29.0	31.8	35.8

Fuente: Elaboración propia

Indicadores de Celulosa Blanqueada. En este indicador se realizaron nueve determinaciones por variedad y fechas de corte (Blancura Inicial (%), Blancura Neta (%), Área Sucia (ppm), Opacidad (%), Bulk (cc/g), F. Explosión ((gf/cm²)/ (g/m²)), Factor Rasgado (100gf/ (g/m²)), Long. Ruptura/Tensión (km), Freeness (mL); las cuales serán descritas en los cuadros correspondiente a cada variedad; sin embargo, en el Cuadro 5, solo se describe el comportamiento de la celulosa blanqueada en las tres fechas de corte de cada una de las variedades evaluadas. Se encontró que para el caso de la variable Blancura Neta, la mejor fue para las variedades Camerun, Marlafalfa y Urockowona a los 150 dds con 75.8, 74.3 y 73.1%; mientras que a los 200 dds la mejor blancura neta fue para las variedades Roxo, Marlafalfa, Urockowona y OM-22 con 80.3, 80.1, 77.9 y 76.0% respectivamente.

CUADRO 5.
Comportamiento de la Celulosa blanqueada (Blancura neta (%)) seis variedades de *Pennisetum purpureum* a los 120, 150 y 200 días después de la siembra.

Variedad	Blancura neta (%) a		Blancura neta (%) a	
	120 DDS	150 DDS	150 DDS	200 DDS
OM-22	71.5	65.3		76.0
Camerún	71.5	75.8		74.6
Maralfalfa	70.0	74.3		80.1
CT-115	77.1	69.4		75.8
Roxo	70.6	67.6		80.3
Urockowona	77.1	73.1		77.9

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 1 y Cuadro 6, se muestran los resultados obtenidos en la variedad OM-22; la cual presentó 9.24, 17.35 y 15.09%, en el contenido de Fibra Apta y Seca a los 120, 150 y 200 dds. La blancura de la pulpa cocida fue mayor a los 120 y 150 dds con 32.7 y 33.8% (Figura lado derecho); mientras que en la celulosa blanqueada neta, esta fue mayor a los 200 dds con 75.97%. Así mismo, se muestra el comportamiento de la variedad OM-22 en etapa vegetativa a los 120 dds (figura lado izquierdo).

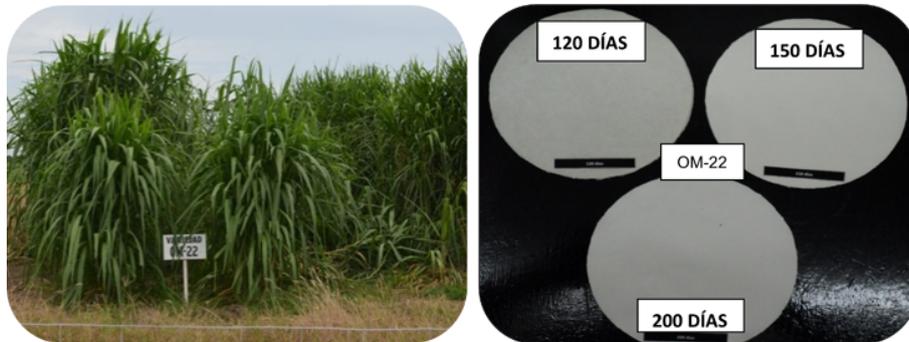


FIGURA 1.

Comportamiento del pasto en etapa vegetativa (lado izquierdo) y de la celulosa (lado derecho) de la variedad OM-22 a los 120, 150 y 200 dds.

CUADRO 6.
Comportamiento de la variedad OM-22 a los 120, 150 y 200 días después de la siembra en indicadores para la producción de fibra y celulosa

Indicadores evaluados a la planta completa (tallo-hoja-cogollo)	Unidad de medida	Días después de la siembra		
		120	150	200
Humedad	%	84.08	74.56	76.26
Consistencia	%	15.92	25.44	23.74
Relación Fibra/Polvillo	%	71.52/28.48	57.21/42.79	70.62/29.38
Solidos Solubles	%	37.56	31.76	35.64
Arena	%	0.03	0.027	0.81
Vara	%	37.78	39.93	51.84
Parte Tierna	%	39.45	19.47	6.16
Hoja	%	22.77	40.60	42.00
F.A.S. (con Todo)	%	9.94	17.35	15.09
Pulpa Cocida				
Rendimiento Pulpa Cocida	%	56.05	48.10	51.93
Factor de Consumo		1.78	2.08	1.93
Rechazo	%	0.031	2.670	0.780
N° de Permanganato (pulpa depurada)	mL	8.45	11	10.9
Freeness (pulpa depurada)	mL	120	250	220
Blancura (pulpa depurada)	%	32.7	33.8	26.718
Celulosa				
Blanqueada				
Blancura Inicial	%	73.0	66.9	78.07
Blancura Neta	%	71.5	65.3	75.97
Regresión		1.5	1.6	2.10
Área Sucia	ppm	13	11.3	4.01
Opacidad	%	66.2	83.8	78.83
Bulk	cc/g	1.67	2.43	2.22
F. Explosión	(gf/cm ²)/(g/m ²)	65.98	28.95	20.65
Factor Rasgado	100gf / (g/m ²)	11.67	20	13.33
Long. Ruptura (Tensión)	Km	7.34	5.18	3.22
Freeness	Ml	200	340	330

Fuente: Elaboración propia

La variedad Camerún presento un alto contenido de FAS a los 150 dds con 24.04% con respecto a los 120 y 200 dds que fue de 12.6 y 17.09% de FAS (Cuadro 7); lo cual indica que esta variedad debe cosecharse a los 150 dds que es cuando presenta el mayor contenido de FAS. La blancura neta de la celulosa blanqueada, de igual manera se presentó a los 150 y 200 dds con un 75.65 y 74.60% en esas fechas de corte (Figura 2 lado derecho). Así mismo, en la Figura 2 del lado izquierdo se muestra el comportamiento de la variedad Camerún a los 120 dds en etapa vegetativa.

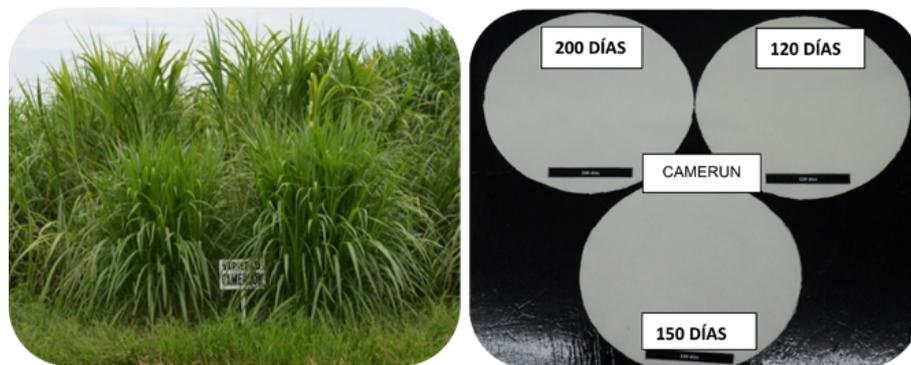


FIGURA 2.

Comportamiento del pasto en etapa vegetativa (lado izquierdo) y de la celulosa (lado derecho) de la Variedad Camerún a los 120, 150 y 200 dds.

CUADRO 7.

Comportamiento de la variedad Camerún a los 120, 150 y 200 días después de la siembra en indicadores para la producción de fibra y celulosa

Indicadores evaluados a la planta completa (tallo-hoja-cogollo)	Unidad de medida	Días después de la siembra		
		120	150	200
Humedad	%	72.61	64.10	73.77
Consistencia	%	27.39	35.90	26.23
Relación Fibra/Polvillo	%	73.81/26.19	75.56/24.44	72.33/27.67
Sólidos Solubles	%	55.97	32.98	34.05
Arena	%	0.015	0.070	0.80
Vara	%	26.78	49.76	57.35
Parte Tierna	%	8.30	18.05	23.34
Hoja	%	64.92	32.19	19.31
F.A.S. (con Todo)	%	12.06	24.04	17.09
Pulpa Cocida				
Rendimiento Pulpa Cocida	%	55.55	46.05	49.12
Factor de Consumo		1.80	2.17	2.04
Rechazo	%	0.184	0.679	1.050
N° de Permanganato (pulpa depurada)	ml	8.8	9.9	10.1
Freeness (pulpa depurada)	ml	120	405	210
Blancura (pulpa depurada)	%	33.2	37.7	28.491
Celulosa				
Blanqueada				
Blancura Inicial	%	75	78.73	75.56
Blancura Neta	%	71.5	75.65	74.605
Regresión		3.5	3.1	1.0
Área Sucia	ppm	>100	6	3.7
Opacidad	%	76.3	79.28	73.63
Bulk	cc/g	2.27	2.12	1.83
F. Explosión	(gf/cm ²)/(g/m ²)	52.74	29.1	35.28
Factor Rasgado	100gf / (g/m ²)	12.5	18.33	16.67
Long. Ruptura (Tensión)	Km	5.84	3.74	5.13
Freeness	ml	225	340	240

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la variedad Maralfalfa, se encontró que el mayor contenido de FAS fue a los 150 dds con un 25.46% y 18.87% a los 200 dds (Cuadro 8); lo cual indica que al igual que la variedad Camerún, esta también se deberá cosechar a los 150 dds que es cuando presenta el mayor contenido de FAS (Beltrán et al., (2005)). La blancura neta de la celulosa blanqueada fue mayor a los 200 dds con 80.1% y menor a los 150 y 120 dds con 74.27 y 70% respectivamente e indicado en el lado derecho (Figura 3). En este sentido, en la figura del lado izquierdo, se muestra el comportamiento en etapa vegetativa de la variedad Maralfalfa a los 120 días después de la siembra.

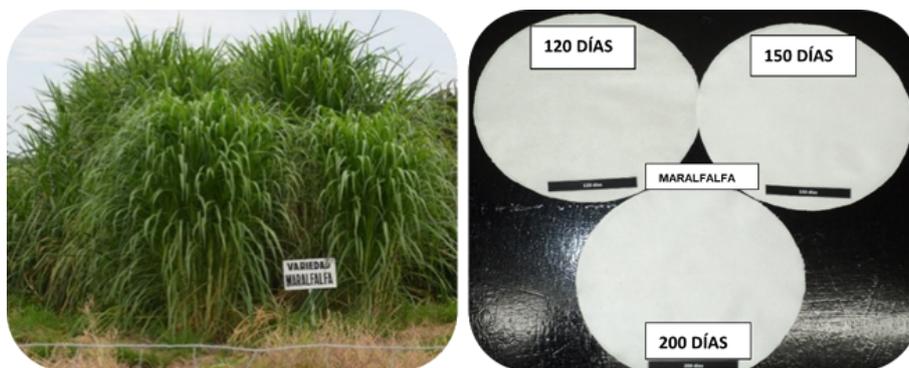


FIGURA 3.

Comportamiento del pasto en etapa vegetativa (lado izquierdo) y de la celulosa (lado derecho) de la Variedad Maralfalfa a los 120, 150 y 200 dds.

CUADRO 8.
Comportamiento de la variedad Maralfalfa a los 120, 150 y 200 días después de la siembra en indicadores para la producción de fibra y celulosa

Indicadores evaluados a la planta completa (tallo-hoja-cogollo)	Unidad de medida	Días después de la siembra		
		120	150	200
Humedad	%	82.17	65.58	75.00
Consistencia	%	17.83	34.42	25.00
Relación Fibra/Polvillo	%	76.32/23.68	80.65/19.35	70.72/29.28
Solidos Solubles	%	42.68	26.01	24.00
Arena	%	3.50	0.031	0.54
Vara	%	43.22	40.34	70.51
Parte Tierna	%	9.98	14.04	3.31
Hoja	%	46.80	45.62	26.18
F.A.S. (con Todo)	%	9.60	25.46	18.87
Pulpa Cocida				
Rendimiento Pulpa Cocida	%	51.38	47.10	46.09
Factor de Consumo		1.95	2.12	2.17
Rechazo	%	0.663	0.294	0.270
N° de Permanganato (pulpa depurada)	ml	9.35	9.7	10.6
Freeness (pulpa depurada)	ml	86	260	250
Blancura (pulpa depurada)	%	33.2	33.601	37.43
Celulosa Blanqueada				
Blancura Inicial	%	72.4	78.01	81.1
Blancura Neta	%	70	74.27	80.1
Regresión		2.4	3.7	1.0
Área Sucia	ppm	>100	30	8
Opacidad	%	71.75	79.15	73.58
Bulk	cc/g	2.16	1.92	1.74
F. Explosión	(gf/cm ²)/(g/m ²)	57.89	30.15	33.32
Factor Rasgado	100gf / (g/m ²)	10.83	16.67	13.33
Long. Ruptura (Tensión)	Km	6.31	3.87	5.03
Freeness	ml	135	320	230

Fuente: Elaboración propia

La variedad CT-115 (Cuba Tropical-115) presento un porcentaje de FAS de 18.32% a los 200dds, y de 10.96 y 11.80% a los 120 y 150 dds; lo cual indica que esta variedad no presenta suficiente potencial para la producción de fibra y celulosa para hacer papel, debido que se requiere un mínimo del 25% de FAS en algunas de las tres fechas de corte para lograr una buena producción de celulosa industrial (Cuadro 9). La blancura neta de la celulosa blanqueada mostrada en la figura cuatro del lado derecho, fue similar en las tres fechas de corte con 77.05, 69.44 y 75.8% a los 120, 150 y 200 dds respectivamente; mientras que el comportamiento de esa variedad en etapa vegetativa se muestra en la misma figura del lado izquierdo (Figura 4).

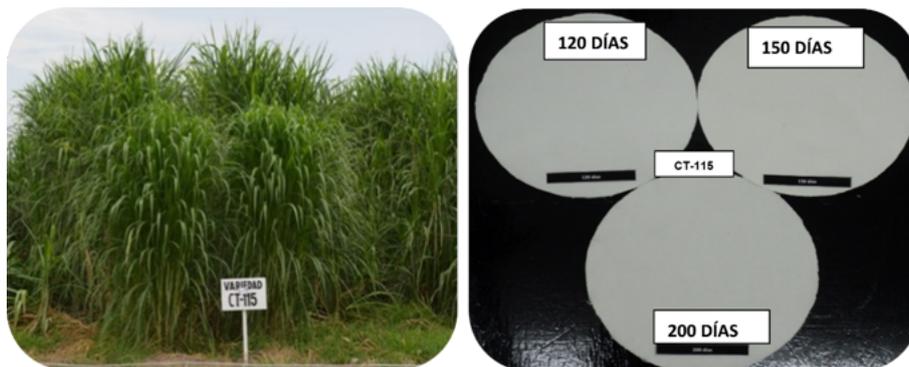


FIGURA 4.

Comportamiento del pasto en etapa vegetativa (lado izquierdo) y de la celulosa (lado derecho) de la Variedad CT-115 a los 120, 150 y 200 dds.

CUADRO 9.

Comportamiento de la variedad CT-115 a los 120, 150 y 200 días después de la siembra en indicadores para la producción de fibra y celulosa

Indicadores evaluados a la planta completa (tallo-hoja-cogollo)	Unidad de medida	Días después de la siembra		
		120	150	200
Humedad	%	84.40	78.35	74.93
Consistencia	%	15.60	21.65	25.07
Relación Fibra/Polvillo	%	52.43/47.57	77.82/22.18	70.46/29.54
Solidos Solubles	%	29.74	45.50	26.21
Arena	%	0.01	0.012	0.70
Vara	%	51.78	33.04	57.37
Parte Tierna	%	4.58	22.68	7.06
Hoja	%	43.64	44.28	35.57
F.A.S. (con Todo)	%	10.96	11.80	18.32
Pulpa Cocida				
Rendimiento Pulpa Cocida	%	51.31	45.16	43.71
Factor de Consumo		1.95	2.21	2.29
Rechazo	%	0.060	1.489	0.690
N° de Permanganato (pulpa depurada)	ml	8.5	14	13.5
Freeness (pulpa depurada)	ml	140	200	290
Blancura (pulpa depurada)	%	37.0	28.3	29.0
Celulosa				
Blanqueada				
Blancura Inicial	%	80.98	72.89	77.1
Blancura Neta	%	77.05	69.44	75.8
Regresión		3.9	3.5	1.3
Área Sucia	ppm	40	40	16
Opacidad	%	75.18	78.3	71.83
Bulk	cc/g	1.9	2.03	1.79
F. Explosión	(gf/cm ²)/(g/m ²)	64.42	22.65	36.81
Factor Rasgado	100gf / (g/m ²)	11.67	15	15.00
Long. Ruptura (Tensión)	Km	6.39	3.97	5.71
Freeness	ml	230	350	200

Fuente: Elaboración propia

La variedad Roxo, a pesar de que sus tallos, hojas y cogollos presentan una coloración externa rojiza a morado (Figura 5 del lado izquierdo), presentó una FAS aceptable a los 150 dds con 22.70% y de 17.27 y 10.10 a los 200 y 120 dds; lo cual indica presenta un potencial intermedio para la producción de fibra y celulosa para hacer papel (Cuadro 10). La blancura neta (figura lado derecho) de la celulosa blanqueada fue superior a los 200 y 120 dds con 80.3 y 70.62% de blancura neta respectivamente (Figura 5).



FIGURA 5.
Comportamiento del pasto en etapa vegetativa (lado izquierdo) y de la celulosa (lado derecho) de la Variedad Roxo a los 120, 150 y 200 dds.

CUADRO 10.
Comportamiento de la variedad Roxo a los 120, 150 y 200 días después de la siembra en indicadores para la producción de fibra y celulosa

Indicadores evaluados a la planta completa (tallo-hoja-cogollo)	Unidad de medida	Días después de la siembra		
		120	150	200
Humedad	%	85.82	71.02	76.00
Consistencia	%	14.18	28.98	24.00
Relación Fibra/Polvillo	%	64.75/35.25	68.93/31.07	69.03/30.97
Sólidos Solubles	%	28.77	25.60	27.66
Arena	%	0.028	0.089	0.37
Vara	%	34.59	39.22	63.50
Parte Tierna	%	22.46	16.94	3.73
Hoja	%	42.95	43.84	32.77
F.A.S. (con Todo)	%	10.10	22.70	17.27
Pulpa Cocida				
Rendimiento Pulpa Cocida	%	56.84	52.19	47.72
Factor de Consumo		1.76	1.92	2.10
Rechazo	%	0.151	0.314	0.336
N° de Permanganato (pulpa depurada)	ml	12	11.2	8.5
Freeness (pulpa depurada)	ml	170	185	180
Blancura (pulpa depurada)	%	31.7	30	31.8
Celulosa				
Blanqueada				
Blancura Inicial	%	74.53	68.97	81.7
Blancura Neta	%	70.62	67.63	80.3
Regresión		3.9	1.3	1.4
Área Sucia	ppm	60	7	10
Opacidad	%	72.35	78.25	68.7
Bulk	cc/g	1.97	1.87	1.56
F. Explosión	(gf/cm ²)/(g/m ²)	62.54	18.87	52.33
Factor Rasgado	100gf / (g/m ²)	10.83	14.17	15.83
Long. Ruptura (Tensión)	Km	6.27	2.85	7.28
Freeness	ml	245	390	185

Fuente: Elaboración propia

Para el caso específico de la variedad Urockowona, fue la que obtuvo el mayor porcentaje de FAS a los 150 dds, con respecto a las cinco variedades restantes de *Pennisetum*, ya que obtuvo un 34.39 % de FAS en la fecha antes mencionada (Figura lado izquierdo); lo cual indica, que esta variedad es promisoría para la producción de fibra y celulosa para hacer papel (Cuadro 11). Así mismo, para el caso de la Blancura neta de la celulosa (Figura lado derecho), fue similar en las tres fechas de corte con 77.12, 73.1 y 77.90 % a los 120, 150 y 200 dds respectivamente (Figura 6)

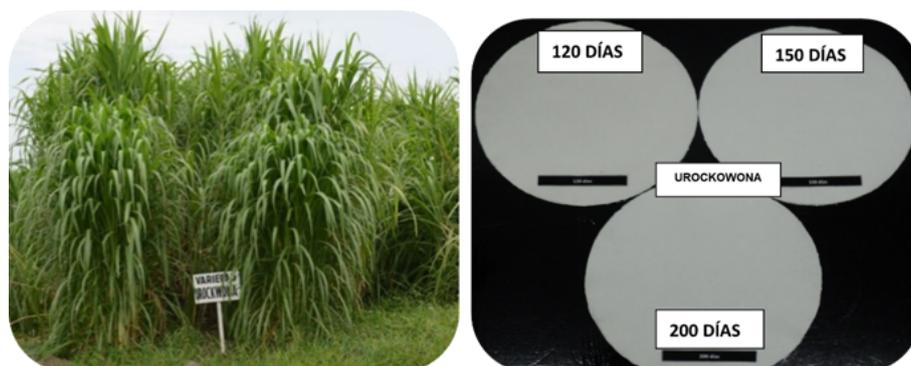


FIGURA 6.

Comportamiento del pasto en etapa vegetativa (lado izquierdo) y de la celulosa (lado derecho) de la Variedad Urockowona a los 120, 150 y 200 dds.

CUADRO 11.

Comportamiento de la variedad Urockowona a los 120, 150 y 200 días después de la siembra en indicadores para la producción de fibra y celulosa

Indicadores evaluados a la planta completa (tallo-hoja-cogollo)	Unidad de medida	Días después de la siembra		
		120	150	200
Humedad	%	72.18	56.11	80.32
Consistencia	%	27.82	43.89	19.68
Relación Fibra/Polvillo	%	67.54/32.46	69.69/30.31	77.20/22.80
Solidos Solubles	%	27.89	21.57	35.47
Arena	%	0.03	0.065	0.73
Vara	%	57.63	37.16	61.59
Parte Tierna	%	14.19	6.35	10.49
Hoja	%	28.18	56.49	27.92
F.A.S. (con Todo)	%	20.05	34.39	12.56
Pulpa Cocida				
Rendimiento Pulpa Cocida	%	56.37	47.23	36.44
Factor de Consumo		1.77	2.12	2.74
Rechazo	%	0.010	0.158	0.213
N° de Permanganato (pulpa depurada)	ml	9.8	9.1	8.4
Freeness (pulpa depurada)	ml	290	270	255
Blancura (pulpa depurada)	%	38.8	32.67	35.77
Celulosa Blanqueada				
Blancura Inicial	%	80.35	75.24	82.3
Blancura Neta	%	77.12	73.1	77.90
Regresión		3.2	2.1	4.40
Área Sucia	ppm	70	2.4	8.97
Opacidad	%	77.83	79.5	74.53
Bulk	cc/g	2.17	2.05	1.96
F. Explosión	(gf/cm ²)/(g/m ²)	43.06	19.22	29.54
Factor Rasgado	100gf / (g/m ²)	16.67	12.5	16.67
Long. Ruptura (Tensión)	Km	4.41	2.85	4.06
Freeness	ml	427.5	400	335

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. Los pasto del genero *Pennisetum purpureum* son un alternativa para la producción de fibra y celulosa para hacer papel con características similares a la que se obtiene con el bagazo de caña de azúcar.
2. Se encontró que cinco variedades de *Pennisetum purpureum* (OM-22, Camerun, Maralfalfa, Roxo y Urockowona) presentaron excelente potencial para la producción de fibra y celulosa a los 150 dds; así como también se cuenta con semilla (esquejes) disponibles de esos genotipos para su propagación masiva para futuros trabajos de investigación.
3. La variedad CT-115 no presento potencial para la producción de fibra y celulosa en las tres fechas de corte evaluadas.
4. La variedad de *Pennisetum purpureum* que presentó un mejor comportamiento en los indicadores para la producción de celulosa/papel, fue la Urockowona, seguida de la OM-222 y Maralfalfa, respectivamente.
5. El rendimiento de biomasa total fue similar en las seis variedades de *Pennisetum purpureum* en su primer corte superando las 80 t/ha en verde a partir de los 150 dds; por lo que es un cultivo de menor ciclo y rendimientos de fibra similares a los que se obtienen con la caña de azúcar .

LITERATURA CITADA

- Adeniyi, A. G., Abdulkareem, S. A., Ighalo, J. O., Onifade, D. V., Adeoye, S. A., y Sampson, A. E. (2020). Morphological and thermal properties of polystyrene composite reinforced with biochar from elephant grass (*Pennisetum purpureum*). *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 0892705720939169. <https://doi.org/10.1177/0892705720939169>
- Andrade, M. F., y Colodette, J. (2016). Production of printing and writing paper grade pulp from elephant grass. *Cerne*, 22, 325-336.

REFERENCIAS

- Basso, V., Machado, J. C, da Silva Lédo, F.J. da Costa Carneiro, J., Fontana, R. C, Dillon, A.J y Camassola, M. (2014). Diferentes accesiones de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) como sustratos para la producción de enzimas para la hidrólisis de materiales lignocelulósicos. *Biomasa y bioenergía*, 71, 155-161.

REFERENCIAS

- Beltrán L. S., Hernández G.A., García M.E., Pérez P. J., Kohashi S.J., Herrera H. J.G., y Quero C. A. R. (2005). Efecto de la altura y frecuencia de corte en el crecimiento y rendimiento del pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris L.*) en un invernadero. *Agrociencia* 2005. 39(2):137-147.

REFERENCIAS

- Botero-Londoño, J. M, Celis-Celis, E. M., y Botero-Londoño, M. A. (2021). Calidad nutricional, absorción de nutrientes y producción de biomasa de *Pennisetum purpureum* cv. Hierva rey. *Informes científicos*, 11 (1), 1-8.

REFERENCIAS

Calzada-Marín, J. M., Enríquez-Quiroz, J. F., Hernández-Garay, A., Ortega-Jiménez, E., y Mendoza-Pedroza, S. I. (2014). Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en clima cálido subhúmedo. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 5(2), 247-260.

REFERENCIAS

Cámara del Papel. (2013). Recuperado de <http://www.camaradelpapel.mx/trabajos-dela-seccion-tecnica/>

REFERENCIAS

Capellán, P. I., Mediavilla M., Castro C., Carpintero O. y Miguel L. J. (2014). Agotamiento de los combustibles fósiles y escenarios socioeconómicos: Un enfoque integrado. Recuperado de http://www.eis.uva.es/energiasostenible/wp-content/uploads/2014/09/Capellanetall2014/09/Capellanetall2014_esp.pdf

REFERENCIAS

Daud, Z., Mohd Hatta, M. Z., Mohd Kassim, A. S., Aripin, A. M., & Awang, H. (2014). Analysis of Napier grass (*Pennisetum purpureum*) as a potential alternative fibre in paper industry. *Materials Research Innovations*, 18(sup6), S6-18.

REFERENCIAS

Demafelis, R., Movillon, J., Predo, C., Maligalig, D., Eleazar, P. J., y Tongko-Magadia, B. (2020). Socio-economic and Environmental Impacts of Bioethanol Production from Sugarcane (*Saccharum officinarum*) and Molasses in the Philippines. *Journal of Environmental Science and Management*, 23(1).

REFERENCIAS

Egwu, U. (2021). Mejora del potencial biometano del pasto elefante (pasto Napier, *Pennisetum purpureum Schum*) mediante la adición de cenizas de biomasa y extractos de cenizas como suplementos. *Informes de tecnología de fuentes biológicas*, 15, 100760.

REFERENCIAS

Fahmi, M., Utomo, R., Suhartanto, B., Astuti, A. y Umami, N. (2021). Calidad química y valor de digestibilidad en ensilaje de *Pennisetum purpuphoides* y *Pennisetum purpureum Gamma* con diferentes niveles de suplementación con melaza. En *Key Engineering Materials* (Vol. 884, págs. 204-211). Trans Tech Publications Ltd.

REFERENCIAS

Falasca, S., Flores M. N. y Galvani G. (2011). ¿Puede usarse una especie invasora como Arundo donax (caña común) con fines energéticos en Argentina? Recuperado de <http://ebookbrowse.net/file-name-inta-arundo-donax-con-finesenergeticos-en-argentina-pdf-d314127398>

REFERENCIAS

FAO. (2011). Pulp and paper capacities survey 2010-2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma Italia.

REFERENCIAS

Fontoura, C. F., Brandão L. E. y Gomes L. L. (2015). Elephant grass biorefineries: towards a cleaner Brazilian energy matrix? *Journal of Cleaner Production*, 96, 85-93.

REFERENCIAS

García, E. (1987). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana). 4ªed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.

REFERENCIAS

Grillo, C. C., y Saron, C. (2020). Madera-plástico de fibras *Pennisetum Purpureum* y polietileno reciclado de baja densidad. *Revista de fibras naturales*, 1-14.

REFERENCIAS

Huang, P.F., Mou Q., Yang, Y., Li J. M., Xu M. L., Huang, J., y Yin, Y.L. (2021). Effects of supplementing sow diets during late gestation with *Pennisetum purpureum* on antioxidant indices, immune parameters and faecal microbiota. *Vet Med Sci*. 2021;7:1347–1358. <https://doi.org/10.1002/vms3.450>

REFERENCIAS

Kumar, A., Tiwari, V., Singh, P., Bishi, S. K., Gupta, C. K., & Mishra, G. P. (2020). Advances and Challenges in Sugarcane Biofuel Development. In *Biotechnology for Biofuels: A Sustainable Green Energy Solution* (pp. 267-288). Springer, Singapore.

REFERENCIAS

Lim, H. P. (2020). Properties Characterization of Napier Grass (*Pennisetum Purpureum*) as the Cost Effective Non-wood Subtitution for Natural Fibre Papermaking. *Journal of Advanced Mechanical Engineering Applications*, 1(1), 27-35.

REFERENCIAS

Madera, N. B., Ortiz, B., Bacab, H. M., & Magaña, H. (2013). Influencia de la edad de corte del pasto morado (*Pennisetum purpureum*) en la producción y digestibilidad in vitro de la materia seca. *Avances en investigación Agropecuaria*, 17(2), 41-52.

REFERENCIAS

Monção, FP, Rocha Júnior, VR, Silva, JT, De Jesus, NG, Marques, OFC, Rigueira, JPS y Leal, DB. (2020). Valor nutricional del ensilaje BRS de pasto Capiacu (Pennisetum purpureum) asociado con nopal. *Revista iraní de ciencia animal aplicada*, 10 (1), 25-29.

REFERENCIAS

Osorio Saraz, Jairo Alexander, Fredy Varon Aristizabal, and Jhonny Alexander Herrera Mejia. "Mechanical behavior of the concrete reinforced with sugar cane bagasse fibers." *Dyna* 74.153 (2007): 69-79.

REFERENCIAS

Paretas JJ. (1990). Ecosistemas y regionalización de los pastos en Cuba. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. *MÍNAGRI*. 1990:178.

REFERENCIAS

Prinsen, P., Gutiérrez, A., & del Río, J. C. (2012). Lipophilic extractives from the cortex and pith of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schumach.) stems. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(25), 6408-6417. <https://doi.org/10.1021/jf301753w>.

REFERENCIAS

Ra K., Shiotsu F., Abe J. y Morita S. (2012). Biomass yield and nitrogen use efficiency of cellulosic energy crops for ethanol production. *Biomass and Bioenergy*, 37. Pp. 330-334. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.12.047>

REFERENCIAS

Rainey, T. J. y Covey G. (2016). Pulp and paper production from sugarcane bagasse". In O'Hara, Ian M. & Mundree, Sagadevan (Eds.) *Sugarcane- based Biofuels and Bioproducts*. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 259-280. <https://doi.org/10.1002/9781118719862.ch10>

REFERENCIAS

Ramírez, R. C., Villalobos, E. V. V., & Rojas, J. C. V. (2021). Productividad del pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) con distintas dosis de fertilización nitrogenada. *InterSedes*, 22(45), 136-161.

REFERENCIAS

Ribeiro, L. S. O., Pires, A. J. V., de Carvalho, G. G. P., Pereira, M. L. A., dos Santos, A. B. y Rocha, L. C. (2014). Fermentation characteristics, chemical composition and fractionation of carbohydrates and crude protein of silage of elephant grass wilted or with addition of castor bean meal. *Ciências Agrárias*, 35(3), 1447 -1462. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n3p1447>

REFERENCIAS

Soto, M., L. Gama y M. Gómez. (2001). Los climas cálidos subhúmedos del estado de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 3:31-40.

REFERENCIAS

Tamminen, T., Mikkelsen, A., Siika-Aho, M., Kruus, K., Pere, J., Gomes, F. J. B., & Colodette, J. L. (2018). Deposition of xylan isolated from *Pennisetum purpureum* on fibres of *Eucalyptus globulus* and characterisation of the composition of the surface xylans by immunolabelling and enzymatic peeling. *Holzforschung*, 72(11), 915-922. <https://doi.org/10.1515/hf-2018-0002>

REFERENCIAS

TAPPI Useful Method 3. (2010). Determination of useful fiber in bagasse.

REFERENCIAS

Triana, O., Leonard, M. F. Saavedra, N. Fernández, G. Gálvez y E. Peña. (2011). Atlas del bagazo de caña de azúcar. Monografía Ed. GEPLACEA, PNUD, ICIDCA, La Habana Cuba. 143 p. Ukanwoko, A. I. e Igwe, N. C. 2012. Proximate composition of some grass

REFERENCIAS

Ukanwoko, A. I. e Igwe, N. C. (2012). Proximate composition of some grass and legume silages prepared in a humid tropical environment. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*. 2 (2), 68-71.

REFERENCIAS

Umami, N., Ananta, D., Bachruddin, Z., Suhartanto, B. y Hanim, C. (2020). Contenido de nutrientes, fracción de fibra y producción de etanol de tres cultivares (*Pennisetum purpureum* Scumach.). En *E3S Web of Conferences* (Vol. 200, p. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020003008>

REFERENCIAS

Viana Otero, María Virginia, y Siri Prieto, Guillermo. (2018). Producción de biomasa de cultivos lignocelulósicos según el número de cortes. *Agrociencia (Uruguay)*, 22(2), 13-23. <https://dx.doi.org/10.31285/agro.22.2.4>

REFERENCIAS

Vieira, SMDM, Knop, MDC, Mesquita, PDL, Baston, EP, Naves, FL, Oliveira, LFC y França, AB. (2020). Propiedades fisicoquímicas de un combustible sólido a partir de biomasa de carbón vegetal de pasto elefante (*Pennisetum Purpureum* Schum.) Y mascotas reciclables y HDPE. *Investigación de materiales*, 23.

REFERENCIAS

Wei-Kit, D. C., Lim, S., Yean-Ling, P., y Kam-Huei, W. (2017). Application of Organosolv Pretreatment on Pennisetum Purpureum for Lignin Removal and Cellulose Recovery. In Proceedings of the 2017 4th International Conference on Biomedical and Bioinformatics Engineering (pp. 84-90). <https://doi.org/10.1145/3168776.3168781>

REFERENCIAS

Zevallos Palomino, A. J. (2019). Estudio biométrico de fibras en tres especies de bambú—Estación Experimental UNCP Satipo—Junín.

REFERENCIAS

Alves, A. F.; Zervoudakis, J. T.; Hatamoto-Zervoudakis, L. K.; Cabral, L. da S.; Leonel, F. de P.; Paula, N. F. de. , (2010). Replacing soybean meal with high energy cottonseed meal in diets for dairy yielding cows: intake, nutrient digestibility, nitrogen efficiency and milk yield. *Rev. Bras. Zootec.*, 39 (3): 532-540