

Caracterización de los residuos de la cosecha del plátano harton para un potencial uso industrial.

Characterization of the residues from the harvest of the harton banana for potential industrial use.

Jessica Viviana Sánchez-Zuñiga¹, Jorge Sánchez-Molina², Anderson Oswaldo Florez-Vargas³
^{1,2,3}Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia

Recibido: 19 de junio de 2020.

Aprobado: 31 de octubre de 2020.

Resumen— La presente investigación caracterizó los residuos de la cosecha de plátano (*Musa Paradisiaca* Spp) que se producen en la vereda la Alejandra, municipio del Zulia, Norte de Santander, Colombia. El objetivo del estudio fue identificar propiedades que puedan ser útiles para su incorporación en los procesos industriales del departamento, fortaleciendo la economía circular y ayudando a reducir las afectaciones medioambientales que se generan por un mal manejo de los residuos. Las partes de la planta que se estudiaron pertenecen al pesudotallo, el raquis, las hojas y las cascarras. Se tomaron medidas de humedad en cada muestra antes del secado. Una vez secos, se molturaron a fin de preparar harinas, determinado su granulometría y rendimiento de la molienda en dos tipos de molinos comúnmente utilizados en la región (martillo y de disco). Finalmente, se calcinó las harinas conforme a las normas ISO 2171 y NTC 282, obteniendo cenizas a las que se realizaron ensayos de fluorescencia de rayos X, para estimar la constitución química de las muestras. Los resultados mostraron gran cantidad de agua en la composición general de los desechos en verde, el rendimiento de los molinos fue muy similar, sin embargo, la granulometría fue distinta, consiguiéndose granos de menor diámetro en las harinas producidas en el molino de martillo respecto al de disco. La composición química reveló una alta concentración de K₂O seguido de otros óxidos como CaO, P₂O₅ y SiO₂, principalmente. Los valores de los análisis muestran condiciones favorables para aplicaciones industriales, especialmente en el sector de alimentos, químico y de papel.

Palabras Claves: Plátano, Residuos agroindustriales, Industria, Economía Circular, Norte de Santander.

Abstract— The present investigation characterized the residues of the banana harvest (*Musa Paradisiaca* Spp) produced in the village of La Alejandra, municipality of Zulia, Norte de Santander, Colombia. The objective of the study was to identify properties that can be useful for their incorporation into the industrial processes of the region, strengthening the circular economy of the department and helping to reduce the environmental impact generated by poor waste management. The parts of the plant that were studied belong to the pith, rachis, leaves and husks. Moisture measurements were taken on each sample before drying. Once they were dry, they were milled to prepare flours, determining their granulometry and milling yield in two types of mills commonly used in the region (hammer and disc). Finally, the flours were calcined according to ISO 2171 and NTC 282 standards, obtaining ashes to which X-ray fluorescence tests were performed to estimate the chemical constitution of the samples. The results showed a large amount of water in the general composition of the green waste, the yield of the mills was very similar, however, the granulometry was different, obtaining smaller diameter grains in the flours produced in the hammer mill with respect to the disc mill. The chemical composition revealed a high concentration of K₂O followed by other oxides such as CaO, P₂O₅ and SiO₂, mainly. The values of the analyses show favourable conditions for industrial applications, especially in the food, chemical and paper sectors.

Keywords: Banana, Agro-industrial waste, Industry, Circular Economy, Norte de Santander.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: andersonflorez92@gmail.com (Jessica Viviana Sánchez Suñiga).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad de Santander.

Este es un artículo bajo la licencia CC BY-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>).

Forma de citar: J. V. Sánchez-Zuñiga, J. Sánchez-Molina y A. O. Florez-Vargas, "Caracterización de los residuos de la cosecha del plátano harton para un potencial uso industrial", Aibi revista de investigación, administración e ingeniería, vol. 8, no. 3, pp. 13-16, 2020.

I. INTRODUCCIÓN

El plátano harton es una fruta tropical que tiene su origen en algunas regiones del Sudeste Asiático, especialmente la India y Asia oriental como Malasia y Japón, aunque existen algunas especies autóctonas de África [1]. La planta pertenece al género de las Musa, distinguiéndose de las demás variantes por presentar una genética triploide de los genomas A y B, de la forma AAB, de nombre científico Musa Paradisiaca [2]. El plátano es considerado el cuarto cultivo más importante en el mundo [3], por tratarse de un alimento básico rico en nutrientes, siendo un elemento importante de la dieta alimentaria en muchos países, principalmente en la población más pobre de la región de los trópicos.

En Colombia, la fruta es de gran importancia, tanto, que el país es el cuarto productor mundial y el tercero de mayor exportación en el mercado internacional [4], por lo tanto, el plátano es reconocido como un producto transcendental para el sector agrícola. Se estima que la producción del cultivo viene aumentando significativamente en los últimos años, no solo en el país [4] sino en el resto del mundo [5], por lo que es de esperarse que la generación de residuos producto de la actividad también crezca, ya que la planta produce fruto una sola vez en su vida y es cuando se realiza la cosecha, en el que solamente se recolecta el fruto, del cual, lo único que es consumido por el ser humano es la pulpa [6]. El resto del arbusto suele ser cortado y desechado sin ningún control, generando grandes cantidades de residuos al ambiente [7]. Se calcula que, por una tonelada de plátano recogido, se producen cuatro toneladas de desperdicios [8].

En cuanto al racimo cosechado, Belalcazar, Valencia y Lozada [9] han estimado que solo entre un 20 a 30% de su biomasa es aprovechada, por lo que un gran porcentaje del mismo suele ser tratado como remanentes, provocando grandes afectaciones al medio ambiente debido a que en muchos casos son incinerados o vertidos a grandes causas sin ningún tipo de tratamiento, mientras que en las ciudades, las cascarras y demás partes no comestibles terminan en basureros municipales, contribuyendo al incremento de carga en los vertederos [10].

Dentro de los desechos agroindustriales de la cosecha del plátano se encuentra algunos elementos que podría ser utilizados como materia prima para la elaboración de otros productos, tales como el pseudotallo, el raquis, las hojas y las cascarras del fruto, por lo que una adecuada disposición de los mismos, haría posible el desarrollo de biomateriales [11] [12] [13], de esa forma se evitaría acumular gran cantidad de desperdicios. La presente investigación tiene como objetivo caracterizar algunas partes de la planta del plátano que son considerados como residuos, a través de la obtención de harinas y cenizas producidos a partir de los mismos, con el ánimo de identificar sus propiedades, a fin de que la industria pueda acondicionarlos a sus necesidades y de esa forma reutilizarlos, promoviendo el conocimiento hacia una economía circular.

II. METODOLOGÍA O PROCEDIMIENTOS

a) *Recolección de materia prima*

El estudio se centró en variedad Harton de la planta de plátano, cuyo nombre científico es Musa Paradisiaca SPP, para lo anterior, se recolectaron cerca de veinte kilos y medio de residuos de cosecha proveniente de la vereda La Alejandra en el municipio del Zulia, departamento Norte de Santander, Colombia. El material se clasificó de acuerdo a la parte de la planta a la que pertenecían y en cantidades proporcionales a los generados por la plantación: pseudotallo 7747.5 g, hojas 6285,0 g, raquis 1344 g y cascarras de plátano 5182.2 g.

b) *Caracterización de las muestras*

Los desechos fueron lavados en abundante agua para remover toda impureza que pudiera alterar los resultados de los análisis, seguido se esterilizaron en hipoclorito de sodio en 5/50 ppm. Posteriormente, las muestras fueron trozadas en tamaños promedios de 40cm por 20cm con la ayuda de un cuchillo con hoja de acero inoxidable y secadas naturalmente por 5 horas, luego, artificialmente por un tiempo de 96 horas a 105°C, removiéndose la totalidad de agua libre, de lo anterior, se obtuvieron las medidas en peso antes y después del secado.

c) *Textura*

Las muestras secas fueron divididas en dos partes iguales y pulverizadas de forma independiente a nivel de laboratorio, una parte en un molino de martillos marca Servitech modelo CT-058 y la otra en un molino de disco marca Gabbrielli Technology modelo speedy mill. El material molturado (harinas) se cernió empleando tamices No. 10(2mm), 16(1,18mm), 30(0,600mm), 50(0,300mm), 100(0,50mm) y 200(0,75mm), con esto se identificó el tipo de molienda más eficiente teniendo en cuenta la granulometría resultante y el tamaño de grano predominante.

d) *Análisis químico*

Se determinó la composición química por óxidos para cada residuo a través de la producción de cenizas con base a las harinas previamente obtenidas, de acuerdo a la NTC 282 [14] y la norma ISO 2171 [15], la cual establece rangos de cocción que pueden ir desde los 550±10°C a 900±°C. El presente estudio utilizó las cenizas calcinadas a 850°C. La caracterización química se llevó a cabo por la técnica de fluorescencia de rayos X (FRX) de materiales desconocidos, la cual es semicuantitativa, es decir, que sus resultados no están normalizados al 100%, no obstante, permite conocer su composición elemental. Los ensayos se realizaron en un espectrómetro de fluorescencia de rayos X marca AXIOS de Panalytical en los laboratorios de ARGOS, Medellín, bajo la técnica de pastilla prensada, en donde la muestra es sometida a una temperatura de 23°C y analizada en la aplicación IQ+ (Pastilla prensada con 12 gramos de muestra y 3 gramos de aglomerante).

III. RESULTADOS ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

a) *Perdidas de masa en secado*

En la tabla 1 se observa las pérdidas en masa de las distintas partes de la planta al ser sometida al secado. Se aprecia que entre las medidas iniciales y finales en cada desecho, las pérdidas de peso fueron: pseudotallo: 97,4%, cascarras: 82,1%, raquis: 89,6% y hojas: 97,5%, lo que evidencia un alto contenido de agua, destacándose en este sentido el pseudotallo, que es el residuo en mayor cantidad, llegando alcanzar unas pérdidas de hasta 97,4% en peso, esto se debe a que está formado por tejidos conductores y fibrosos apretado de vainas foliares, en cuyas cámaras albergan buen contenido de agua con azúcares [16], siendo favorable para la obtención de almidón [17].

Tabla 1: Perdidas de masa después del secado a 105°C durante 96 horas.

Muestra	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)
Pseudotallo	45323,1	1164,2
Cascarras	6213,2	1112,0
Raquis	2342,2	243,3
Hojas	30453,2	754,1

Fuente: Chavéz [18].

Algunos autores manifiestan que, a pesar de las pérdidas en masa por la remoción de agua durante el secado, el uso de los desechos agroindustriales es una buena fuente de materias primas de bajo costo [19], ya que estos son considerados desperdicios por sus productores,

despertando en éstos la necesidad de hacer una disposición final de los mismos con el menor impacto ambiental posible.

b) Caracterización de las harinas.

Después de eliminada el agua libre, se obtuvieron harinas en cada residuo, por medio de dos tipos de molinos. La tabla 2 muestra los resultados en cada uno, en un principio no existe diferencia significativa en los rendimientos de la producción de ambas harinas, pues todas se encuentran muy cerca del 99%, la cantidad que se redujo se debe a pérdidas por material particulado (polvo) que se dispersa en el ambiente por el movimiento del molino. Sin embargo, en el tamizado se logró notar diferencias en el material producido por cada equipo, ver tabla 3. Las harinas del molino de Martillo son un poco más homogéneas a simple vista y de una menor granulometría respecto a las producidas en el de disco, por ejemplo, el material molturado del pseudotallo alcanza un tamaño de grano menor a las 300µm en una proporción mucho mayor que el que se produjo en el molino de disco, a pesar de que es altamente fibroso, de igual forma sucede con las cascavas, el raquis y las hojas.

Tabla 2: Producción de harinas en molino de disco y de martillo.

Muestras	Peso inicial en cada equipo (g)	Peso de muestra en molino de martillo (g)	Peso de muestra en molino de disco (g)
Pseudotallo	528,25	522,16	522,21
Cáscaras	556,25	550,17	550,22
Raquis	47,15	46,40	46,80
Hojas	377,15	373,80	373,90

Fuente: Chavéz [18]

El tamaño de grano alcanzado en el pseudotallo y sus propiedades fibrosas, además de ser un elemento rico en celulosa [11], hacen de este residuo un material apropiado para su uso en la industria del papel, la cual se ha visto en la necesidad de cambiar sus materias primas tradicionales, dado el problema ambiental que crea la deforestación [20].

Tabla 3: Granulometría de las harinas producidas en el molino de disco y de martillo.

Muestras	Tipo de Molino	Tamiz No.						
		10	16	30	50	100	200	Fondo
Pseudotallo	Disco	2,90	6,50	34,01	37,11	11,40	11,80	10,10
	Martillo	0,26	0,33	3,80	35,70	26,09	19,31	12,82
Cáscaras	Disco	0,73	1,97	17,53	26,03	11,63	1,40	0,83
	Martillo	0,11	0,31	11,92	28,37	16,35	10,55	2,44
Raquis	Disco	2,80	4,80	10,60	25,40	11,90	8,10	6,40
	Martillo	0,96	2,52	12,40	28,76	27,56	13,00	14,62
Hojas	Disco	0,82	2,33	10,72	14,56	10,21	7,54	3,77
	Martillo	0,16	1,19	29,10	36,17	36,17	9,54	8,14

Fuente: Chavéz [18].

c) Análisis Químico

Para el análisis químico las muestras de las harinas fueron transformadas a cenizas, a las que se realizaron el ensayo de Fluorescencia de Rayos X. Los resultados del FRX semicuantitativo se muestran en la tabla 4. Allí se aprecia gran predominio del K₂O frente a los demás elementos, lo que era de esperarse al considerarse a la Musa Paradisiaca una planta rica en potasio [12] [1]. Sin embargo, su concentración no fue homogénea en todas las muestras, dado que el raquis tiene el contenido más alto en un 49%, seguido de las cascavas (40%), el pseudotallo (36%) y finalmente las hojas (24%). El segundo elemento de mayor importancia no parece ser común en todas las partes de la planta, por ejemplo, mientras en el pseudotallo y las hojas, el CaO es el elemento principal después del óxido de potasio, en las cascavas y el raquis es el P₂O₅ en un 7,40% y 4,50%, respectivamente.

La sílice es el óxido que aparece como tercer componente de mayor concentración en las hojas, el pseudotallo y las cascavas presentando valores de 12%, 6,6% y 4% respectivamente, mientras

que, en el raquis, el CaO con un 3,1% es superior al SiO₂ que tiene 2,7%. La proporción de Ca y Mg son favorables como aditivos, especialmente en materiales que requieran equilibrar las contracciones que sufren cuando son sometidos a altas temperaturas, como es el caso de los productos cerámicos, además de ayudar a fortalecer su resistencia a la compresión [21] [22].

Tabla 4: Composición química de los residuos de la cosecha de plátano.

Elemento	Cenizas Pseudotallo	Cenizas cascava	Cenizas de raquis	Cenizas hojas
Al ₂ O ₃	0,46	0,37	0,13	0,82
CaO	12,00	2,00	3,1	21,00
Cl	1,20	1,40	1,7	0,64
Fe ₂ O ₃	0,70	0,41	0,1	0,62
CuO	0,00	0,02	0,00	0,02
CoO	0,01	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	36,00	40,00	49,00	24,00
MgO	2,20	1,1	1,10	5,50
MnO ₂	0,06	0,15	0,13	0,07
Na ₂ O	0,09	0,44	0,02	0,11
P ₂ O ₅	3,70	7,4	4,50	4,50
NiO	0,00	0,02	0,00	0,00
SO ₃	0,86	0,89	2,60	4,90
SiO ₂	6,60	4,00	2,70	12,00
SrO	0,05	0,02	0,01	0,04
TiO ₂	0,07	0,05	0,00	0,05
LOI	36,00	42,00	35,00	74,00

Fuente: Elaboración propia.

d) Algunos usos de los Residuos de la cosecha del plátano

Los residuos de la cosecha del plátano han sido empleados para múltiples fines alrededor del mundo. A continuación, se describen algunos de sus potenciales usos:

En la industria alimentaria, las cascavas son de gran interés, pues son consideradas una fuente rica en almidón de donde se obtiene maltodextrina, sustancia que permite la unión de sabor y grasa, la reducción de la permeabilidad del oxígeno a la pared de la matriz y la viscosidad aparente de un fluido [23]. Además, con las cascavas también es posible producir etanol en un sistema de fermentación óptimo, bajo condiciones específicas, ayudando a reducir el uso de combustibles fósiles y su impacto en la atmósfera [24].

Las hojas en la región han tenido un uso tradicional como envoltorio de alimentos que son cocidos dentro de él. Aunque también, algunas investigaciones revelan una concentración particular de proteína [25], por lo que es posible usarlo como alimento pecuario.

Además de poder ser útil en la producción de papel, del pseudotallo se puede conseguir un sorbete natural que ayude en la filtración y retención de la propagación de crudo, durante las fallas que sufren algunos ductos o pozos de petróleo [26].

IV. CONCLUSIONES

La inadecuada disposición de los desechos de la cosecha del plátano representa un desperdicio de materias primas para muchas industrias que podrían tomarlos para sus procesos. Además de ser innovador, la incorporación de estos elementos reduciría la huella ambiental que produce el uso de materiales no renovables. Con base a los resultados del presente estudio se generan las siguientes conclusiones:

Para el empleo de los residuos de la cosecha del plátano, la industria requerirá de grandes volúmenes debido a que el agua es uno sus principales constituyentes, por lo que durante el secado gran parte de la masa se pierde, presentando una baja recuperación de los mismos. Por lo tanto, una comunicación directa y eficiente entre quien

los produce y los requiere se hace necesario, ya que así permitirá desarrollar un planeamiento de las cantidades de residuos producidos y las que puedan ser beneficiadas por la industria.

De acuerdo a los resultados de la textura de las harinas, la molienda en molino de martillo resulta más atractiva frente a la que se pueda hacer con un molino de disco debido a que la granulometría conseguida es de un diámetro menor, de esa forma, los granos contarán con una mayor superficie de contacto, ya sea grano a grano o dentro un fluido, propiciando interacciones más fuertes, lo que podría traducirse en ahorro de energía en trabajos de molienda y cribado, especialmente en procesos en los que se necesite reacciones de transformación para la generación de nuevos productos.

La composición química de los materiales revela un contenido significativo de elementos que son beneficiosos para productos alimenticios, como el K, Ca, P y Mg. Aunque, la naturaleza de los desperdicios también es de gran utilidad para el desarrollo de otras industrias como la de papel, química y de artesanías.

V. REFERENCIAS

- [1] D. Mohapatra, S. Mishra y N. Sutar, «Banana and its by-product utilisation: an overview,» *Journal of Scientific & Industrial Research*, pp. 323-329, 2010.
- [2] N. W. Simmonds y R. H. Stover, *Bananas (Tropical Agriculture)*, 3rd Revised edition ed., New York: Blackwell Science Ltd, 1987.
- [3] Departamento Administrativo Nacional de Estadística, «El cultivo del plátano (*Musa paradisiaca*), un importante alimento para el mundo,» DANE, Bogotá, 2014.
- [4] MINAGRICULTURA, «CADENA DE PLÁTANO,» Ministerio de Agricultura de Colombia, Bogotá, 2018.
- [5] Economic Research Service, «Situación actual y perspectivas del mercado del plátano,» USAID, 2009.
- [6] G. Blasco y F. Gómez, «Propiedades funcionales del plátano (*Musa sp.*)» *Revista Médica de la Universidad de Veracruz*, pp. 22-26, 2014.
- [7] D. Grandar, A. Mejía y G. Jiménez, «Utilización de residuos de plátano para la producción de metabolitos secundarios por fermentación en estado sólido con el hongo *Lentinus Crinitus*,» *VITAE*, vol. 12, n° 2, pp. 13-20, 2005.
- [8] N. Abdullah, F. Sulaiman, M. A. Miskam y R. M. Taib, «Characterization of Banana (*Musa spp.*) Pseudo-Stem and Fruit,» *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, vol. 8, n° 8, pp. 815-819, 2014.
- [9] C. Belalcazar, J. Valencia y J. Lozada, «La planta y el fruto,» de *Manual de Asistencia Técnica No. 50*. ICA, Armenia, 1991, p. 376.
- [10] P. Wachirasiri, S. Julakarangka y S. Wanlapa, «The effects of banana peel preparations on the properties of banana peel dietary fiber concentrate,» *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, vol. 31, n° 6, pp. 605-611, 2009.
- [11] I. Hussain y O. M. Tarar, «Pulp and Paper Making by using Waste Banana Stem,» *Journal of Modern Science and Technology*, vol. 2, n° 2, pp. 36-40, 2014.
- [12] I. O. Olanbaji, E. A. Oluyemi y O. S. Ajayi, «Metal analyses of ash derived alkalis from banana and plantain peels (*Musa spp.*) in soap making,» *African Journal of Biotechnology*, vol. 11, n° 99, pp. 16512-16518, 2012.
- [13] M. M. Mustafa y S. Sathiamoorthy, «Status of banana industry in India,» de *Advancing banana and plantain R & D in Asia and the Pacific*, Philippines, 2002.
- [14] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, «Norma Técnica Colombiana NTC 282. Industrias Alimentarias. Harina de trigo. Metodos de ensayo,» Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Bogotá, 2002.
- [15] International Organization for Standardization, «ISO 2171. Cereals, pulses and by-products - Determination of ash yield by incineration,» ISO, Suiza, 2007.
- [16] A. Guarnizo-Franco, P. N. Martínez-Yepes y M. L. Pinzón-Bedoya, «Azúcares del pseudotallo de plátano: una opción para la obtención de alcohol de segunda generación,» *Facultad de Ciencias Básicas*, vol. 10, n° 1, pp. 39-51, 2012.
- [17] M. Mazzeo M., A. Alzate G. y M. Marin M., «Ontonción de almidón a partir de residuos poscosecha del plátano Dominico Hartó (*Musa AAB Simmonds*),» *Vector*, vol. 3, pp. 57-69, 2008.
- [18] B. Chavéz, Evaluación de la harina y ceniza obtenida a partir de residuos generados en la cosecha del plátano hartón (*Musa paradisiaca ssp*) producida en el municipio del Zulia Norte de Santander de interés de la industria cerámica, Cúcuta: Tesis Ingeniería Agroindustrial. Universidad Francisco de Paula Santander, 2018.
- [19] P. Zhang, R. L. Whistler, J. N. BeMiller y B. R. Hamaker, «Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility - a review,» *Carbohydrate Polymers*, vol. 59, n° 4, pp. 443-458, 2005.
- [20] K. Li, S. Fu, H. Zhan, Y. Zhan y L. A. Lucia, «Analysis of the chemical composition and morphological structure of banana pseudo-stem,» *BioResources*, vol. 5, n° 2, pp. 578-585, 2010.
- [21] A. O. Florez, J. Sánchez, F. M. Garcia y J. Bautista-Ruiz, «Technological characterization of Guayabo group clays from Cúcuta-El Zulia sector for use in ceramic industry,» *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1123, n° 012036, pp. 1-8, 2018.
- [22] J. Sánchez-Molina y J. I. Diaz-García, Introducción a los hornos utilizados en la industria cerámica tradicional, Cúcuta: Universidad Francisco de Paula Santander, 2011.
- [23] D. V. Melo-Sabogal, Y. Torres-Grisales, J. A. Serna-Jiménez y L. S. Torres-Valenzuela, «Aprovechamiento de pulpa y cáscara de plátano (*Musa Paradisiaca spp*) para la obtención de Maltodextrina,» *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. 13, n° 2, pp. 76-85, 2015.
- [24] A. Gebregergs, M. Gebresemati y O. Sahu, «Industrial ethanol from banana peels for developing counties: Response surface methodology,» *Pacific Science Review A: Natural Science and Engineering*, vol. 18, n° 1, pp. 22-29, 2016.
- [25] L. Oliveira, N. Cordeiro, D. .. Evtuguin, I. C. Torres y A. J. D. Silvestre, «Chemical composition of different morphological parts from 'Dwarf Cavendish' banana plant and their potential as a non-wood renewable source of natural products,» *Industrial Crops and Products*, vol. 26, n° 2, pp. 163-172, 2007.
- [26] S. Uma, S. Kalpana, S. Sathiamoorthy y V. Kumar, «Evaluation of commercial cultivars of banana (*Musa spp*) for their suitability for the fibre industry,» *Plant genetic resources newsletter*, vol. 145, pp. 29-35, 1979.