

Evaluación de las propiedades físicas de la fibra de Abacá (*Musa textilis*)

Evaluation of the physical properties of the Abaca fiber (*Musa textilis*)

Elsa Mora Muñoz¹, Fernando Fierro Ramos², Omar Godoy Collaguazo³, Elvis Ramírez Encalada⁴,
Marco Naranjo Toro⁵

Universidad Técnica del Norte- Ibarra – Ecuador

Autor para correspondencia: esmora@utn.edu.ec

Recibido: 10 Octubre 2021

Aceptado: 11 Diciembre 2021

RESUMEN

La fibra de abacá en el Ecuador se comercializa de manera tradicional, es decir se fundamenta en procesos de simple observación directa. Razón por la cual, en el laboratorio de la Carrera de textiles de la Universidad Técnica del Norte, se utilizó el dinamómetro textil Titan 5, basado en la norma internacional ISO 13934-2 (Determinación de la Fuerza Máxima por el Método del Agarre), sometiendo las fibras en probetas correspondientes a la clasificación comercial y luego de la aplicación de fuerzas de tensión, se obtuvo los diferentes datos para ser procesados en el programa de análisis estadístico PAST 4. Se analizó el comportamiento de las diferentes muestras de fibras, dando como resultado que las fibras de las categorías 1, 2 y 3 tienen comportamientos estables a fuerza de tracción; por otra parte, las muestras correspondientes a la categoría 4 y 5 su comportamiento es disperso. Esto tiene un impacto sumamente importante especialmente al momento de aprovechar las bondades de esta fibra en procesos textiles. La fuerza para su rotura y porcentaje de elongación en estas categorías son mayores.

Palabras clave: Abacá, propiedades físicas, fibra textil.

ABSTRACT

The Abaca fiber in Ecuador is commercialized in a traditional way, that is, it is based on processes of simple direct observation. Reason why, in the textile race laboratory of the Universidad Técnica del Norte, the textile dynamometer Titan 5 was used, based on the international standard ISO 13934-2 (Determination of the Maximum Force by the Grip Method), by submitting the fibers in test tubes corresponding to the commercial classification and after applying tension forces, the different data was obtained to be processed in the statistical analysis program PAST 4. The behavior of the different fiber samples was analyzed, giving as a result, the fibers of categories 1, 2 and 3 have stable tensile force behaviors; On the other hand, the samples corresponding to categories 4 and 5 show a dispersed behavior. This has an extremely important impact, especially when taking advantage of the benefits of this fiber in textile processes. The strength to break and percentage of elongation in these categories are higher.

Keywords: Abaca, physical properties, textile fiber

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el uso de materiales poliméricos con propiedades físicas y químicas de bajo costo, durabilidad y procesabilidad han dado lugar a un gran número de aplicaciones; consecuentemente se ha tenido una mayor cantidad de residuos y una mala disposición final de ellos. Actualmente se presta atención a los materiales de origen vegetal como alternativas sostenibles que mitiguen los impactos ambientales.

El abacá, más conocido como cáñamo de Manila o *Musa textilis*, se extrae de las hojas de la planta. El proceso de obtención de la fibra de abacá requiere de procedimientos específicos: cortar el tallo en tiras, para extraer la pulpa; luego las fibras se lavan y secan. (Blackburn, 2005; EcuRed, 2009).

El abacá es una planta natural de Filipinas y ampliamente distribuida en los trópicos húmedos a temperaturas de 22 a 28°C (Corporación Garcifibra S.A., 2019). La lluvia y la luz solar son factores esenciales en la producción de abacá: el exceso de luz solar combinada con la falta de lluvia puede afectar negativamente el desarrollo de una planta regular hasta el punto de hacer que la producción sea inútil. En un buen entorno de cultivo, una plantación de abacá puede producir fibra comercialmente durante 15 a 20 años (Blackburn, 2005).

Su producción se realiza principalmente en Filipinas; también se introdujo en Indonesia, América Central y del Sur. Se encontró que Ecuador era un excelente lugar para cultivar abacá (Anónimo, 2012). Estos dos países suministran al mercado mundial. Se cultiva en las regiones de media montaña hasta unos 500 msnm, principalmente como agricultura integrada, y no suele competir con los cultivos alimentarios. En general, no hay insumos adicionales en forma de fertilizantes minerales y no se requieren pesticidas, favoreciendo de esta manera el proceso de cultivo sin mayores cuidados y un daño mínimo al ecosistema.

Para la extracción de fibra, no se necesita agua, solo un aporte mínimo de energía física. La resistencia a la tracción de la fibra de abacá

favorece su uso actual para la producción de: papel moneda (Koh et al., 2021), papel de fumar y bolsitas de té, además, se utilizan para fabricar cuerdas y artículos de artesanía como: bolsos, manteles individuales, pantuflas (Kumar Sinha et al., 2018). Recientemente, se han explorado las posibles aplicaciones de las fibras de abacá como refuerzo de los eco compuestos cuyo mayor potencial de uso son los geotextiles. (Bismarck, A. Mishra, S. Lampke, 2005; Bismarck, et al, 2005).

Abacá es una fibra de hoja, compuesta por células largas y delgadas que forman parte de la estructura de soporte de la hoja. El contenido de lignina está por encima del 15%. El abacá es valorado por su gran resistencia mecánica, flotabilidad, resistencia al daño por agua salada, y por la longitud de su fibra, de aproximadamente 3 metros. Las mejores clasificaciones del abacá son finas, brillantes, de un color habano claro y muy fuertes. El abacá (Cáñamo de Manila) es mucho más resistente a la degradación en agua salada que la mayoría de las otras fibras vegetales. Es una fibra brillante y de color blanco amarillento. Las fibras técnicas tienen una longitud de 2 a 4 m. Las fibras individuales de abacá tienen una longitud de 4 a 6 mm y diámetros entre 17 y 21 μm . Las fibras individuales son relativamente lisas y rectas y tienen extremos puntiagudos estrechos (Bismarck, et al, 2005).

Método de extracción de la fibra de abacá

La fibra de abacá se extrae de las hojas mediante un proceso manual o mecánico. Cuando se utiliza cualquiera de los dos procesos, se emplea el desfibrado "tuxying" que consiste en separar la vaina exterior, que contiene fibras primarias, de la vaina interior de la hoja, donde se encuentran las fibras secundarias. La vaina de la hoja exterior separada se llama "tuxying". Otra alternativa de extracción de la fibra de abacá es por decorticación. En este proceso, se utiliza toda la hoja para extraer la fibra, recuperando tanto la fibra primaria como la secundaria. (Vijayalakshmi, 2014).

En el Ecuador se producen 5 clases de abacá, siendo la clase 1 el de mayor calidad (fibra limpia (...)) clase 5 el de menor calidad (fibras gruesas y oscuras). (Totoy, 2007).

El sistema de clasificación se basa principalmente en el color y la medida del diámetro de la fibra. En la clasificación se considera la variación en la longitud de la fibra, que normalmente va de 1,8 a 6,0 metros. La regla para medir la calidad en función del diámetro de la fibra es simple: el más delgado el mejor (Blackburn, 2005).

El tallo de la planta está formado por un núcleo blando central, el tallo propiamente dicho, alrededor del cual se envuelven firmemente hasta 25 haces; estos, junto con el núcleo, forman un "proto-tallo". Cuando las hojas han alcanzado la etapa de la madurez, se desenvuelven del proto-tallo y toman la forma reconocible de hojas tipo banana. La planta puede alcanzar una altura de 7,5 metros y, por tanto, dado que las hojas de la gavilla crecen desde la base de la planta, algunas de las hojas, las interiores, serán casi tan largas. Las hojas exteriores, que se desarrollan más tarde, son en consecuencia más cortas. Las hojas crecen hasta un ancho de unos 30 cm.

Dependiendo de la variedad, de las que hay muchas, la planta vivirá entre 5 y 25 años, pero las variedades más longevas no suelen cultivarse más de 15 años ya que su productividad disminuye a partir de entonces. Las plantas tienen un sistema de raíces poco profundas del que brotan pseudotallos verticales. A medida que se desarrolla, una sola planta puede producir sucesivamente hasta 25 de estos tallos, madurando en diferentes momentos. Cuando las plantas tienen entre 18 y 24 meses, los primeros pseudotallos están lo suficientemente desarrollados para ser cosechados y luego se cortan de tres a cuatro tallos a intervalos de 6 a 12 meses, dependiendo de su tasa de crecimiento. Esto, a su vez, dependerá de la variedad vegetal, las condiciones meteorológicas y el tipo de suelo. El abacá es una planta tropical que requiere un buen suelo y lluvia regular.

Las hojas que rodean el tallo se pueden clasificar en cuatro grupos: las tres hojas exteriores; un grupo de tres a cuatro hojas entre el grupo externo y el intermedio; el grupo medio, de cuatro a cinco hojas; el grupo más interno de siete a ocho hojas. La fuerza y la finura de la fibra dependen de la posición de la hoja en relación con el centro del tallo. Cuanto más cercano al centro, más fino, más blanco y suave es la fibra.

Las fibras están situadas en haces de varios espesores que se extienden a lo largo de las hojas y también hay algunos haces transversales más pequeños en ángulo recto con estas las hojas varían en longitud, siendo las hojas exteriores más cortas que las interiores. Los grados para la fibra ecuatoriana son 1, 2, 3, 4, 5. (Franck, 2005).

A continuación, la Tabla 1 muestra la composición química de la fibra de abacá y las condiciones que la diferencia de otras fibras celulósicas.

Tabla 1

Comparación de la composición química del abacá con otras fibras naturales

Comp. química	Abacá %	Cáñamo %	Yute %	Sisal %	Lino %	Algodón %
Celulosa	68,3 2	77.5	64	71.5	82	80- 90
Hemi-celulosa	19	10	20	18.1	2	4-6
Lignina	12- 13	6.8	13.3	5.9	4	0-1.5
Contenido de humedad	10- 11	1.8	1.5	4	7.7	6-8
Contenido de ceniza	4.8	3.9	1	1	3.4	1-1.8

Fuente. Adaptado de (Vijayalakshmi, 2014)

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el análisis, se empleó fibra de abacá de la variedad Furukawa, procedente de la zona tropical ecuatoriana de la parroquia Monterrey, que se localiza en el noreste del Ecuador, en el sector oeste del cantón La Concordia, en la provincia Santo Domingo de los Tsáchilas cuyas coordenadas geográficas son 0°00'08"N 79°23'05"O. (GAD Parroquial Monterrey, 2015). A continuación, la Figura 1 muestra el proceso realizado.



Figura 1. Diagrama de flujo para la medición de la fibra de abacá

El equipo de laboratorio que se utilizó para la medición de la resistencia a la tracción y elongación fue el dinamómetro Titán 5 de la casa fabricante Inglesa James Heal; este equipo a nivel de ensayos textiles, ha recibido críticas positivas (*Máquina de Prueba Universal Titan - Equipo de Prueba Textil James Heal*, n.d.), se siguieron las indicaciones de la norma ISO 13934-2 (Determinación de la fuerza máxima por el método del agarre) y se obtuvieron datos estadísticos que sirvieron de base para la determinación de la calidad de fibra de abacá. Cabe mencionar que los equipos fueron previamente calibrados, según las especificaciones técnicas del fabricante. En cuanto a la fibra textil se tomó muestras de los productores de abacá de la zona de producción ecuatoriana descrita anteriormente, según la clasificación comercial que consta de clase 5 grupos; según esta clasificación, la categoría 1 engloba a las fibras más largas y finas mientras que las pertenecientes a la categoría 5 corresponden a fibras con tonalidad marrón, longitud irregular y más gruesas; esto depende la posición en la que se encontraron al ser cultivadas, es decir, si estaban más al interior o exterior del tallo de la planta.

El primer paso antes de realizar las mediciones consiste en acondicionar las fibras de abacá en un ambiente controlado. La atmósfera estándar se mantuvo a 20,0 +/- 2 °C y una humedad relativa del 65,0 +/- 4,0%. (International Organization for Standardization, 2005, p. 4)

El ensayo que se aplicó es estandarizado y bajo directrices de la ISO 13934-2 (Determinación de la fuerza máxima por el método del agarre) que es aplicable principalmente a tejidos textiles tejidos, incluidos tejidos que presentan características de estiramiento impartidas por la presencia de una fibra elastoméricas y un tratamiento mecánico o químico.

Una vez concluida la etapa de ensayos dinamométricos aplicados a las probetas el equipo arroja resultados numéricos con los cuales se realizan gráficas para el respectivo análisis. Estos valores fueron procesados utilizando el programa estadístico PAST 4.

Los primeros datos se aprecian en la **Tabla 2**. Condiciones del ensayo En donde se muestran los valores que se obtuvieron de manera resumida las condiciones iniciales y finales del ensayo, así como también el número total de probetas analizadas en el dinamómetro Titán 5.

Tabla 2.

Condiciones del ensayo sobre dinamómetro

Test Name:	Resistencia tracción
Reference:	Calidad 1-2-3-4-5
Material:	Abacá
Probetas:	20
Plan de Mordazas:	T15
Separación de mordazas:	250,00 mm
Force Control Gain:	25
Célula de carga:	1000 N
Versión:	5.0.10.0
Firmware:	V2.7
CONFIGURACIÓN DEL PROCEDIMIENTO	
Detección de rotura:	20%
Pretensión:	5,00 cN
Velocidad:	250,00 mm/min

El procedimiento para la colocación del material es simple y basta con que las probetas

sean colocadas en el equipo cuidadosamente evitando tener tensiones extras o maltratando las fibras.

El elemento de sujeción (mordaza) debe tomar de manera homogénea el material para que toda la superficie de agarre de la mordaza entre en contacto con las fibras de abacá.

Posterior a ello se continúa con el proceso del equipo de laboratorio de acuerdo con el número de probetas a analizar (20) y este a su vez alimenta al computador los datos numéricos respectivos de tensión máxima aplicada y variación de la elongación hasta el punto de la rotura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los primeros datos se aprecian en la **Tabla 3** que es un resumen de las medidas estadísticas para validar el análisis enfocada a la variable fuerza.

Tabla 3.
Resultados estadísticos variable (fuerza)

Ítem	Estadístico	Calidad 1-2	Calidad 3	Calidad 4	Calidad 5
1	N	20,00	20,00	20,00	20,00
2	Min	705,83	589,65	947,01	699,37
3	Max	2941,06	4115,87	4982,85	7234,47
4	Sum	24754,18	33752,56	43492,25	50585,38
5	Mean	1237,71	1687,63	2174,61	2529,27
6	Std. error	127,89	199,28	237,79	405,06
7	Variance	327138,70	794249,10	1130876,00	3281422,00
8	Stand. dev	571,96	891,21	1063,43	1811,47
9	Median	984,88	1463,77	1827,25	1789,56
10	25 prcntil	810,42	1057,81	1438,52	1313,83
11	75 prcntil	1673,23	2298,37	2459,99	3383,91
12	Skewnes	1,55	1,14	1,30	1,49
13	Kurtosis	2,68	1,30	1,49	1,51
14	Geom. mean	1137,99	1490,41	1966,69	2063,97
15	Coeff. var	46,21	52,81	48,90	71,62

El comportamiento de las probetas sometidas a fuerzas de tensión hasta el punto de su

rotura una vez que el dinamómetro Titán 5 analiza las 20 probetas a ensayo de tracción se detalla a continuación en la

Tabla 4.

Tabla 4.
Lecturas de fuerza por calidades de abacá

Probeta	CALIDAD 1 Y 2 Fuerza máxima (cN.)	CALIDAD 3 Fuerza máxima (cN.)	CALIDAD 4 Fuerza máxima (cN.)	CALIDAD 5 Fuerza máxima (cN.)
1	1674,49	2304,15	1554,2	2191,66
2	820,52	2281,03	2847,17	1455,06
3	1008,77	2575,58	1410,8	1772,69
4	1798,59	1845,07	4982,85	1289,76
5	1801,27	1050,62	2382,81	1139,11
6	1514	2172,07	3590,71	7234,47
7	927,24	2957,14	2404,93	4811,61
8	1867,97	2417,18	1614,98	4236,42
9	807,05	783,3	2365,09	1617,33
10	951,25	933,68	1224,36	1386,05
11	879,97	1126,04	1871,67	3053,17
12	1075,84	4115,87	1782,82	6263,65
13	769,76	1089,93	1021,92	1197,67
14	742,03	834,13	2477,8	1806,42
15	960,98	1589,35	1521,66	939,64
16	705,83	1572,44	947,01	1588,71
17	2941,06	1079,36	1723,75	3494,15
18	746,52	1355,1	4173,44	1873,55
19	1669,43	1080,87	1187,71	699,37
20	1091,61	589,65	2406,57	2534,89

Fuente: Dinamómetro Titán 5, laboratorio CTEX-UTN

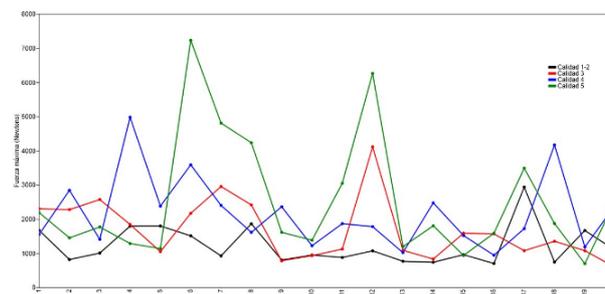


Figura 2. Líneas de comportamiento fuerza-calidades

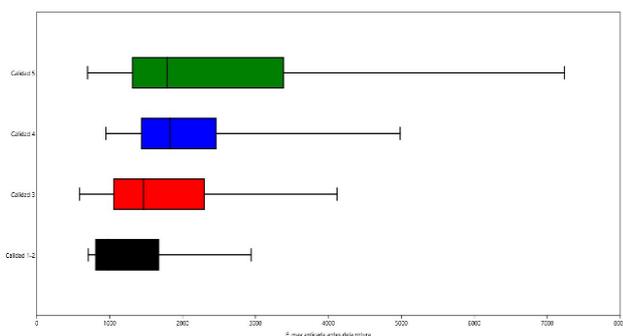
La Figura 2 muestra claramente como las calidades 1-2 y 3 tienen un comportamiento muy estable tras ser sometidas a fuerzas de tracción. Para la calidad 4 la diferencia entre fuerzas necesarias para la rotura no es

uniforme; mientras que para la calidad de abacá 5 se tienen fuerzas muy dispares y que van desde los 699,37cN de fuerza a 7234,47 cN para la máxima fuerza que se aplicó en la probeta 6 de la

Tabla 4.

El gráfico box-plot mostrado a continuación permite relacionar las diferentes lecturas realizadas por el equipo; se define que la mayoría de las lecturas dentro de los rectángulos están estrechamente relacionadas y corresponde a las lecturas más homogéneas, ubicándose en el centro de este cuadrilátero el valor promedio, es decir, en el punto donde se encuentra ubicada la fuerza media para la rotura del material.

Se puede ver como las lecturas que salieron del límite se encuentran fuera del área del cuadrilátero y corresponde a los valores mínimos y máximos de fuerza requerida para el rompimiento de la fibra.



Nota: Color negro-calidad 1-2; color rojo calidad 3. Color azul calidad 4, color verde-calidad 5. **Figura 3.** Gráfico box-plot (fuerza-tipo de calidad abacá)

Otro punto importante para referir se aprecia en la **Figura 4** en donde las calidades del 1 al 5 mantienen un segmento mayoritario de fuerza que se encuentra comprendido en la zona de los 1000 cNewtons para el rompimiento.

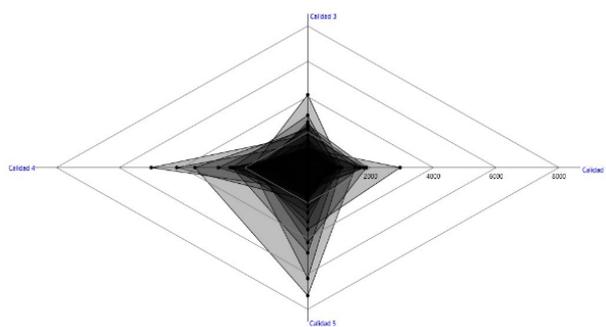


Figura 4. Gráfico de radar (fuerza-calidad abacá)

El análisis del comportamiento de la elongación se da con miras a determinar la influencia que tiene la elongación (estiramiento antes de romperse) en el estudio de las calidades de abacá; para ello se muestran los datos obtenidos en la **Tabla 5.**

Tabla 5

Lecturas dinámicas de elongación

Probeta	Calidad 1-2 Elongación (%)	Calidad 3 Elongación (%)	Calidad 4 Elongación (%)	Calidad 5 Elongación (%)
1	1,91	1,66	2,68	2,83
2	2,34	1,91	2,32	2,17
3	1,51	1,92	1,92	2,33
4	3,02	1,99	3,24	1,92
5	2,67	2	4,52	1,83
6	2,16	2,16	3,34	4,69
7	1,9	2,75	2,58	3,49
8	1,89	2,31	2,66	4,76
9	1,75	1,99	2,58	2,91
10	1,56	1,5	2,34	2,07
11	1,67	1,67	2,34	2,93
12	1,99	2,75	2,16	4,35
13	1,49	2,06	1,49	2,02
14	1,75	1,42	3,07	3,23
15	1,73	2,09	1,92	1,66
16	1,24	2,18	1,51	2,34
17	2,67	1,89	2,27	3,67
18	1,67	1,91	2,74	2,85
19	2,48	2,56	2,15	1,65
20	2,6	1,58	2,94	2,58

Estos valores al ser ingresados al programa Past 4 arrojan la siguiente tabla resumen:

Tabla 6.
Resumen estadístico elongación calidades abacá

Ítem	Estadístico	Calidad			
		1-2	3	4	5
1	N	20,00	20,00	20,00	20,00
2	Min	1,24	1,42	1,49	1,65
3	Max	3,02	2,75	4,52	4,76
4	Sum	40,00	40,30	50,77	56,28
5	Mean	2,00	2,02	2,54	2,81
6	Std. error	0,11	0,08	0,15	0,22
7	Variance	0,23	0,14	0,47	0,93
8	Stand. dev	0,48	0,37	0,69	0,96
9	Median	1,90	1,99	2,46	2,71
10	25 prcnil	1,67	1,73	2,15	2,03
11	75 prcnil	2,45	2,18	2,89	3,43
12	Skewness	0,60	0,54	1,08	0,81
13	Kurtosis Geom.	-0,54	0,04	2,53	-0,24
14	mean	1,95	1,98	2,46	2,67
15	Coeff. var	24,03	18,44	27,11	34,22

Con los datos de las mediciones de las 20 probetas se procede a graficar el comportamiento de la elongación de las fibras; tal como se aprecia en la **Figura 5**.

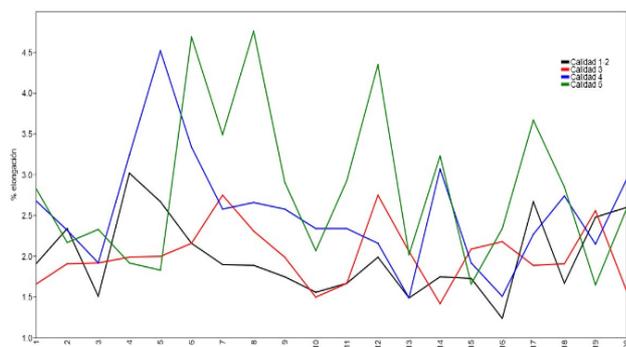


Figura 5. Comparativa lineal (elongación-calidades abacá)

El porcentaje de elongación de las calidades de fibras de abacá de la clasificación 1-2 y 3 mantienen una uniformidad aparente; y para la calidad 4 existen picos muy altos que dispersan la regularidad de los datos; finalmente la calidad 5 es la que presenta mayores variaciones en el porcentaje de

elongación, mantienen varios picos que sobresalen de las mediciones regulares.

El gráfico box-plot presentado en la **Figura 6** muestra como el porcentaje de elongación es variable de acuerdo a la clasificación de la fibra; en principio, el rango de elongación más homogéneo está en la calidad 1 y 2. Para el caso de la elongación de la calidad 4 el porcentaje es más alto, sin embargo los picos elevados provocan una disparidad de los resultados y finalmente, la calidad 5 presenta una fuerte variación del porcentaje de elongación.

Los valores que se encuentran agrupados dentro del rectángulo respectivo de la gráfica son los que guardan relación; sin embargo es muy dispersa.

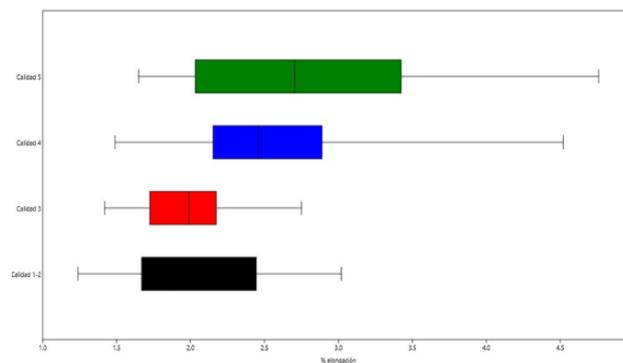


Figura 6. Box-plot (elongación-calidades abacá)

Finalmente, la **Figura 7** permite visualizar los resultados obtenidos.

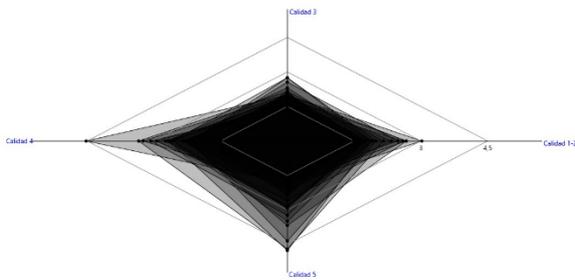


Figura 7. Representación tipo radar (elongación-calidades abacá)

Y en efecto, la disparidad del porcentaje de elongación de las calidades 4 y 5 marcan la diferencia en el diagrama presentado.

CONCLUSIONES

La fibra de abacá y la clasificación comercial que en la actualidad se maneja en el Ecuador no está determinada bajo parámetros técnicos; eso implica que las versatilidades y prestaciones de esta fibra no puedan ser aprovechadas de la mejor manera. Una clasificación estandarizada bajo lineamientos de tensión y elongación permiten que las fibras de abacá puedan agruparse en categorías acordes a sus rangos de resistencia a la tracción y porcentaje de estiramiento, con ello se evita la mezcla de grupos de fibras en las categorías no correspondientes, y determinar de esta forma el método más idóneo de clasificación y su comercialización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anónimo. (2012). *Abacá*. <http://elagronomoorganico.blogspot.com/2012/06/abaca-tecnica-de-cultivo.html>
- Bismarck, A. Mishra, S. Lampke, T. (2005). *Natural fibers, biopolymers, and biocomposites*. <http://www.taylorandfrancis.com>
- Blackburn, R. (2005). *Biodegradable and sustainable fibres*. www.woodheadpublishing.com
- Corporación Garcifibra S.A. (2019). *¿Qué es el abacá?* <https://www.garcifibra.com/prod-abaca.html#:~:text=Requerimiento para el Cultivo&text=Las mejores regiones para cultivar,distribuidas durante todo el año.>
- EcuRed. (2009). *Abacá*. <https://www.ecured.cu/Abacá>
- Franck, R. (2005). *Bast and other plant fibres* (R Franck (ed.)). www.woodheadpublishing.com
- Gestión Digital. (2019). *El abacá: sus repercusiones económicas y laborales*. <https://revistagestion.ec/economia-y-finanzas-analisis/el-abaca-sus-repercusiones-economicas-y-laborales>
- International Organization for Standardization. (2005). *ISO 139. Textiles - Standard atmospheres for conditioning and testing. 1*.
- International Organization for Standardization. (2014, January 5). *ISO 13934-2: 2014 - Textiles - Propiedades de tracción de los tejidos*. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/50117cf1-f93c-4278-8526-715e7f116ecd/iso-13934-2-2014>
- Koh, R. B. L., Barbosa, C. F. C., Aquino, V. M., & Galvez, L. C. (2021). Extraction of high molecular

weight DNA suitable for next-generation sequencing from the fiber crop abaca. *Industrial Crops and Products*, 161, 113194. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113194>

Kumar Sinha, A., Narang, H. K., & Bhattacharya, S. (2018). Evaluation of Bending Strength of Abaca Reinforced Polymer Composites. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 7284–7288. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.396>

Rodríguez Benalcazar, L. O. (2019-08-08). Caracterización experimental de las propiedades mecánicas del tejido múltiple de totora (*schoenoplectus californicus*) (Bachelor's thesis). Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9384>

Totoy, M. (2007). *PRODUCCION Y EXPORTACION DE FIBRA ABACA*.

Vijayalakshmi, K. (2014). *Abaca Fibre*. 2(9), 1.