

Ciencia y Tecnología Agropecuaria

ISSN: 0122-8706

ISSN: 2500-5308

revistacta@agrosavia.co

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
Colombia

López Medina, Segundo Eloy; Mostacero León, José; Quijano Jara, Carlos
Helí; Gil Rivero, *Armando Efraín; Rabanal Che Leon, María Fernanda
Caracterización del fruto semilla y fibra de *Gossypium raimondii* Ulbrich, ecotipo algodón silvestre
Ciencia y Tecnología Agropecuaria, vol. 21, núm. 1, 2020, -, pp. 1-8
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
Colombia

DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num1_art:1219

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449962186003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

Caracterización del fruto, semilla y fibra de *Gossypium raimondii* Ulbrich, ecotipo algodón silvestre

Characterization of fruit, seed and fiber of *Gossypium raimondii* Ulbrich, a wild cotton ecotype

Segundo Eloy López Medina,¹ José Mostacero León,² Carlos Helí Quijano Jara,³ Armando Efraín Gil Rivero,^{4*} María Fernanda Rabanal Che Leon⁵

¹ Investigador, Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (Concytec). Trujillo, Perú.
Correo: slopezm@unitru.edu.pe. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7719-8607>

² Investigador, Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (Concytec). Trujillo, Perú.
Correo: jobryl990@yahoo.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2556-3013>

³ Profesor contratado, Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Ciencias Biológicas. Trujillo, Perú. Correo: cquiijano@unitru.edu.pe. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9269-9864>

⁴ Profesor contratado, Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Ciencias Biológicas. Trujillo, Perú. Correo: a.gr108@hotmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4521-5588>

⁵ Estudiante de Maestría, Universidad Nacional de Trujillo, Escuela de Posgrado. Trujillo, Perú.
Correo: maferachel@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1866-7714>

Editor temático: Rafael Reyes Cuesta (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA])

Fecha de recepción: 03/12/2018
Fecha de aprobación: 22/08/2019

Para citar este artículo: López Medina, S. E., Mostacero León, J., Quijano, C. H., Gil Rivero, A. E., & Rabanal Che León, M. F. (2020). Caracterización del fruto, semilla y fibra de *Gossypium raimondii* Ulbrich, ecotipo algodón silvestre. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(1), e1219

DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num1_art:1219



Esta licencia permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de la obra de modo no comercial, siempre y cuando se dé el crédito y se licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

* Universidad Nacional de Trujillo. Avenida Juan Pablo II, Trujillo 13011, Perú

Resumen

En el Perú hay dos especies endémicas de algodón, *Gossypium barbadense* L. y *G. raimondii* Ulbrich, que han sido utilizadas desde las culturas preincas. Actualmente, en el Perú se busca reevaluar y rescatar estas especies en vista de una mayor demanda del mercado, que busca evitar el uso de colorantes artificiales. El presente estudio se llevó a cabo con el propósito de contribuir al conocimiento de la caracterización del fruto, semilla y fibra de un ecotipo de *G. raimondii*, conocido como “algodón silvestre”. Para ello, se utilizó material vegetal del Distrito de San Benito, Provincia de Contumazá, Departamento de Cajamarca. La fase experimental se llevó a cabo en el Laboratorio de Genética y Biología Molecular de la Universidad Nacional de Trujillo, que consistió en las mediciones de la longitud y

del ancho de frutos, semillas y fibras, así como el número de lóculos y semillas. Se consideró un análisis estadístico del tipo descriptivo con 60 repeticiones por cada componente. El fruto tuvo una longitud promedio de 2,14 cm y 1,46 cm de ancho, con cuatro lóculos. Las semillas tuvieron una longitud promedio de 5,74 mm y un ancho de 3,25 mm, con un promedio de 23,6 semillas por fruto. En promedio, la fibra tuvo 11,95 mm de largo y 7,34 μm de ancho. La caracterización del fruto, la semilla y la fibra del algodón silvestre, *G. raimondii*, permite diferenciarlo del algodón pardo, *G. barbadense*, y del ecotipo algodón verde (*G. raimondii*). Se recomienda continuar con estudios moleculares que permitan dilucidar el grado de emparentamiento de estas especies y ecotipos.

Palabras clave: algodón, bellota, *Gossypium raimondii*, industria textil, variedades

Abstract

In Peru, there are two endemic cotton species, namely *G. barbadense* L. and *G. raimondii* Ulbrich, which have been used since pre-Inca cultures. Currently, in Peru, the reevaluation and rescue of these species and their ecotypes are being carried out given a higher market demand, which seeks to avoid the use of artificial dyes. The current study was carried out, aiming at contributing to the characterization of the fruit, seed, and fiber of an ecotype of *G. raimondii* known as “wild cotton.” Plant material from the district of San Benito, province of Contumazá, and department of Cajamarca was used. The experimental phase was carried out in the Laboratory of Genetics and Molecular Biology of Universidad Nacional de Trujillo, consisting of length and width measurements of cotton fruits,

seeds, and fiber, as well as the number of locules and seeds per fruit. A statistical analysis of the descriptive type with 60 repetitions was considered for each component. The fruit had an average length of 2.14 cm and a width of 1.46 cm, with four locules. Seeds had an average length of 5.74 mm and a width of 3.25 mm, with an average of 23.6 seeds per fruit. On average, the fiber was 11.95 mm long and 7.34 μm wide. The characterization of the fruit, seed, and fiber of the “wild cotton” ecotype (*G. raimondii*) allows differentiating it from the “brown cotton” (*G. barbadense*) and the “green cotton” ecotype (*G. raimondii*). We recommend carrying out molecular studies that will help clarify the degree of relatedness of these species and ecotypes.

Keywords: cotton, cotton boll, *Gossypium raimondii*, textile industry, varieties

Introducción

El algodón pertenece a la familia Malvaceae (Matarrita, 1989). El género *Gossypium*, con aproximadamente 20 especies, se distribuye en regiones tropicales y subtropicales de ambos hemisferios. En Perú se reporta la presencia de *Gossypium barbadense* L., comúnmente conocido como “algodón pardo”, y dos ecotipos de *G. raimondii* Ulbrich, el primero conocido como “algodón verde” y el segundo, como “algodón silvestre” por prosperar en ambientes naturales, probablemente el antecesor de las variedades nativas y comerciales de los algodones de Perú (Brako & Zarucchi, 1993). Según Mostacero, Mejía y Gamarra (2009), el algodón silvestre es endémico en los departamentos de Cajamarca y La Libertad, donde en la actualidad sobreviven relictos de algodonales en zonas aledañas, áreas en las que el ser humano todavía no se ha posicionado.

Morfológicamente, la planta de algodón es relativamente simple, y su fenología varía según la especie y la influencia del medio ambiente (López & Gil, 2017; Matarrita, 1989). El ecotipo conocido como algodón silvestre de *G. raimondii* se caracteriza por ser una planta perenne, erecta o postrada y de tipo arbóreo, que puede alcanzar hasta 4 m de altura (Fernández & Rodríguez, 2007), que se encuentra en terrenos rocosos, pedregosos, lechos de ríos y zanjas de riego, a una altitud de 1.600 m s. n. m (Mostacero et al., 2009).

Los algodones nativos de fibra de color marrón, verde y lila fueron domesticados y cultivados por los antiguos peruanos en la costa norte del Perú, para elaborar sus tejidos (Fernández, Rodríguez, & Westengen, 2003). Estudios arqueológicos de Stephens y Moseley (1975) han demostrado el proceso de domesticación del algodón silvestre al nativo, con el reporte de semillas que representan una forma intermedia entre el algodón silvestre y el algodón nativo en Huaca Prieta. Se asume que el centro de origen y diversidad de los algodones nativos de color es la zona norte del Perú, donde el algodón pardo (*G. barbadense*) y el algodón verde (*G. raimondii*) están estrechamente relacionados geográfica, ecológica y genéticamente con el ecotipo

algodón silvestre (*G. raimondii*) (Fernández & Rodríguez, 2007).

El fruto del algodón es una cápsula cuya forma puede ser alargada, ovoide o esférica. La cápsula tarda aproximadamente 50 días en madurar, crece rápidamente y alcanza su tamaño normal tres semanas después de la fertilización. Su tamaño varía según la especie, variedad y condiciones ambientales (Fernández & Rodríguez, 2007). Los frutos se caracterizan por la unión de sus carpelos a un eje central, lo que origina una serie de lóculos, que contienen las semillas (Robles, 2012); la caída prematura de frutos es normal en la planta de algodón y se incrementa por factores como la humedad del suelo, la deficiencia de nutrientes y las condiciones de temperatura (Matarrita, 1989).

Las semillas suelen ser ovoides, ligeramente angulosas, con una fisura en el margen (Fernández, Rodríguez, & Westengen, 2003). La semilla se compone de una testa, dos cotiledones grandes y un pequeño embrión, conteniendo entre 15 % a 20 % de proteínas, y hasta un 21 % de aceite (Fernández & Rodríguez, 2007).

Las fibras o pelos se forman a partir de alargamientos constantes de las células epidérmicas de la semilla y el engrosamiento resulta del continuo depósito de celulosa en la pared primaria de la fibra (Fernández & Rodríguez, 2007; Fernández et al., 2003). Las células epidérmicas dan lugar a la formación de dos tipos diferentes de fibra: la primera, larga y delgada, de 1,5 a 6,0 cm de longitud, con un grosor de entre 20 y 30 micras, pudiendo ser tejido o hilado; la segunda, más corta y adherida a la semilla, constituyendo el línter (Matarrita, 1989).

Durante muchos años, se abandonó el cultivo del algodón de fibra de color por variedades mejoradas de fibra blanca, por su precocidad, producción y menor incidencia de insectos plaga (Gil & López, 2017; Kwiatkowska & López, 2000), a pesar de que estas variedades tienen diferentes tonos de color de fibra, así como una mayor capacidad de adaptación y resistencia a la sequía (Fernández et al., 2003).

Esto generó la pérdida del germoplasma de muchas variedades de algodón de pigmentación diversa y natural, que fueron utilizadas por culturas milenarias en el antiguo Perú (Kwiatkowska & López, 2000). Sin embargo, la situación cambió desde el 2008, con la Regulación N.º 29224, que denomina al algodón de fibra de color como una herencia genética, étnica y cultural (Pisani, Masiero, & Scrocco, 2015). Actualmente, algunas investigaciones han demostrado que el color de la fibra es un rasgo genéticamente heredado, que resulta de la presencia de pigmentos entremezclados con celulosa, siendo controlados por genes de dominancia parcial (Bhuyan & Saikia, 2005; De Carvalho, Correia, De Andrade, & Da Silva, 2014; Wang et al., 2014).

En la actualidad, hay un interés por rescatar estas variedades ante la demanda de la moderna industria textil que busca tecnologías más limpias, evitando el uso de tintes cancerígenos derivados del petróleo. De este modo, en un futuro cercano estas variedades de fibra de color podrán reemplazar a las de algodón blanco (Kwiatkowska & López, 2000), debido al color natural y a la valoración de sus fibras en mercados internacionales (Pisani et al., 2015). A pesar de que se sabe muy poco sobre estas variedades, existen comunidades en los departamentos de Lambayeque, Piura y San Martín que conservan conocimientos ancestrales sobre el cultivo y procesamiento de estas variedades, de las que obtienen hilados gruesos adecuados para hacer carteras, adornos, prendas de vestir y otros accesorios (Cortijo & Cancio, 2012).

En algodón son de gran importancia los estudios de caracterización de fruto, semilla y fibra, debido a que brindan información sobre el genotipo de una determinada especie, para la obtención de recombinantes con mejores características (Méndez & Alcorcés, 2007), así como información que corrobore la denominación de algodón silvestre, del ecotipo en estudio. Ante la necesidad de un mayor conocimiento, el objetivo de la investigación fue determinar la caracterización de los frutos, semillas y fibras del ecotipo *G. raimondii* denominado algodón silvestre.

Materiales y métodos

Colectas de material botánico

Las colectas se realizaron en tres zonas ubicadas en el sector Quebrada de Los Molles y Puente de la Primera Agua (zona baja y alta) del Distrito de San Benito, Provincia de Contumazá, Departamento de Cajamarca (figura 1). Las coordenadas de San Benito son 07°25'32" S y 78°55'37" W, y una altitud de 1.370 m s. n. m. Allí se identificaron relictos de algodonales silvestres con base en las exploraciones botánicas descritas por Brako y Zarucchi (1993) y Mostacero et al. (2017). Se seleccionaron al azar 15 plantas de cada zona relictta, de las cuales se colectaron 60 frutos maduros por cada zona, haciendo un total de 180 frutos. Además, se colectaron ramas floríferas del algodón silvestre, *G. raimondii*, para su identificación taxonómica, que fueron registradas en el Herbario Truxillense (HUT) con código 59196.

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Genética y Biología Molecular de la Universidad Nacional de Trujillo, ubicado en la ciudad de Trujillo, departamento de La Libertad, Perú (figura 1).

Variables de medición

Características de fruto y semillas

Se midieron el largo y ancho de los frutos (cm) y semillas (mm), empleando un calibre de precisión (vernier, de la marca Truper), con una escala de medición comprendida entre 0 y 150 mm. Se contabilizó el número de semillas y lóculos por fruto.

Características de fibra

La longitud de las fibras (mm) se midió con estereoscopio Olympus SZX16. El equipo contó con una resolución de 900 pares de líneas/mm y una escala de medición de 3,5x a 230x. Para la medición del ancho de fibra (μm) se empleó un microscopio Olympus BX41, provisto de la cámara DP72. El equipo contó con una resolución de 3,36-0,27 μm y una escala de medición entre 40x y 1.000x.

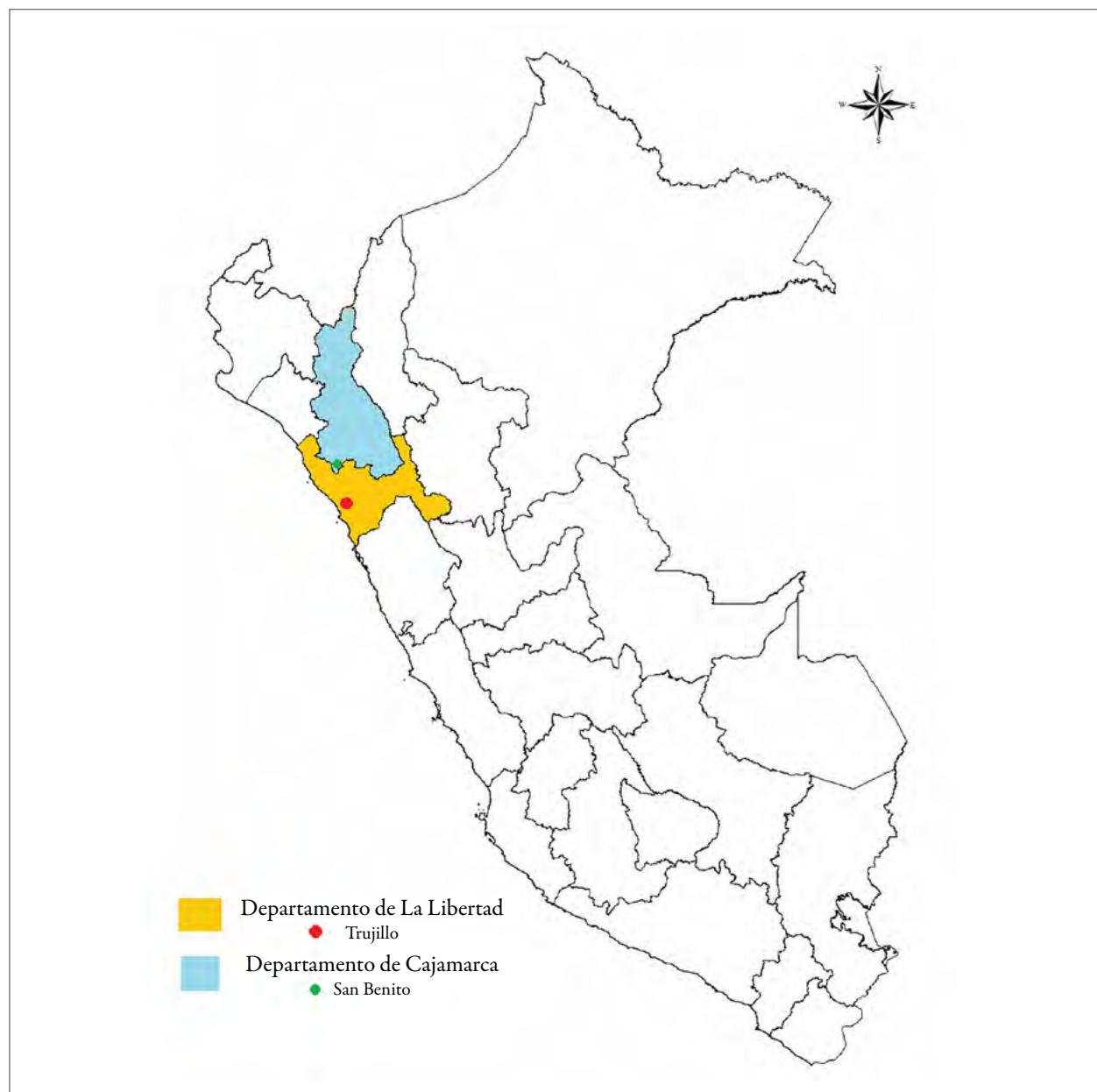


Figura 1. Ubicación de los departamentos La Libertad y Cajamarca (Perú).
Fuente: Elaboración propia

Caracterización del fruto, semilla y fibra de *Gossypium raimondii* Ulbrich, ecotipo algodón silvestre

5/8

Análisis de los datos

Se consideró un análisis estadístico de tipo descriptivo, constituido por una muestra de 180 frutos maduros, de los cuales se seleccionaron al azar 60 frutos, que constituyeron ser el número de repeticiones por cada componente evaluado. Para ello, se empleó el programa estadístico R, por medio del cual se estimó el promedio y la desviación y el error estándar.

Resultados y discusión

Características de frutos y semillas

Comparando el ecotipo algodón silvestre, *G. raimondii*, y algodón pardo, *G. barbadense*, el primero muestra frutos pequeños, de $2,14 \pm 0,18$ cm de largo y $1,46 \pm 0,11$ cm de ancho (tabla 1), así como semillas muy pequeñas que miden $5,74 \pm 0,45$ mm de largo y $3,25 \pm 0,33$ mm de ancho; en cambio, los frutos

del segundo tienen en promedio una longitud de 4,264 cm y un ancho de 4,107 cm. Además, en lo que respecta a semillas, presentan en promedio 0,784 cm de largo y 0,488 cm de ancho (López, López, Gil, Caicedo, & Mendoza, 2018).

Por otro lado, el algodón silvestre presenta un mayor número de lóculos y semillas ($23,6 \pm 2,61$), comparándolo con el algodón pardo, en el que se reporta un promedio de 4 lóculos y entre 20 y 21 semillas por fruto (Gil & López, 2015). Es importante considerar que Matarrita (1989) reportó que los algodones nativos y silvestres pueden presentar entre cuatro y cinco lóculos versus los algodones comerciales que presentan hasta tres lóculos por fruto. También es importante resaltar la presencia de línteres verdes en la semilla del ecotipo común

de *G. raimondii*, lo que no se evidencia en el algodón pardo, *G. barbadense* (Gil & López, 2015).

Otras investigaciones consideran que las plantas silvestres o de domesticación incipiente son aquellas que muestran estructuras de defensa tales como pelos en las semillas (línteres) y un tamaño pequeño de fruto y semillas, que se evidencian en el algodón silvestre, *G. raimondii* (Medina, 2011). Por otra parte, el algodón pardo, *G. barbadense*, muestra características asociadas con los cultivos domesticados (Gil & López, 2015), dado que el síndrome de domesticación se asocia con alteraciones dramáticas en la morfología de las plantas, habiendo evidencia del aumento del peso, tamaño de frutos y semillas (Medina, 2011).

Tabla 1. Resumen de las características del fruto, semilla y fibra de *G. raimondii*, ecotipo algodón silvestre

Características	N	Promedio ± Desviación estándar	Error estándar
Largo de fruto (cm)	60	$2,14 \pm 0,18$	0,0229
Ancho de fruto (cm)	60	$1,46 \pm 0,11$	0,0145
Número de lóculos	60	$4,0 \pm 0,0$	0
Ancho de fibra (μm)	60	$7,34 \pm 2,39$	0,309
Largo de fibra (mm)	60	$11,95 \pm 1,53$	0,198
Largo de semilla (mm)	60	$5,74 \pm 0,45$	0,058
Ancho de semilla (mm)	60	$3,25 \pm 0,33$	0,0429
Número de semillas por bellota	60	$23,6 \pm 2,61$	0,337

Fuente: Elaboración propia



Figura 1. Medición del largo y ancho de fibra de *G. raimondii*, ecotipo algodón silvestre.

Características de fibras

Con respecto a la fibra (figura 2; tabla 1), el algodón silvestre presenta en promedio una longitud de $11,95 \pm 1,53$ mm y un ancho de fibra de $7,34 \pm 2,39$ μm , mucho menor que el algodón pardo y que el ecotipo algodón verde. El algodón pardo (*G. barbadense*) evidencia en promedio 13,061 mm de largo y 24,245 μm de ancho (López et al., 2018), mientras que el ecotipo algodón verde (*G. raimondii*) evidencia en promedio una longitud de 25,835 mm y un ancho de 12,639 μm (López, Gil, & López, 2017).

Tanto el factor ancho como longitud de fibra serían las principales limitaciones de estas variedades de algodones para la industrialización (Fernández et al., 2013), teniendo en cuenta que Matarrita (1989) catalogó los algodones nativos y silvestres como variedades de fibra corta versus los algodones híbridos comerciales de fibra larga. Es importante considerar que las especies híbridas constituidas por el cruce entre una variedad comercial y una silvestre generan una mayor calidad y cantidad de fibra, en términos de resistencia y elongación (Fernández et al., 2013).

Por otro lado, es importante tener en cuenta que la fertilización con NPK mejora las características de la bellota (semillas y fibras), pudiendo aumentar

ligeramente la resistencia de sus fibras y su microinaire (Méndez, 2007; Palomo, Gaytán, Faz, Reta, & Gutiérrez, 2014; Staut & Athayde, 1999).

Conclusiones

La caracterización del fruto, semilla y fibra del ecotipo algodón silvestre (*G. raimondii*) permite diferenciarlo del algodón pardo (*G. barbadense*) y del ecotipo común algodón verde (*G. raimondii*). Se recomienda continuar con estudios moleculares que permitan dilucidar el grado de emparentamiento de estas especies y ecotipos.

Agradecimientos

Un agradecimiento especial al Laboratorio de Genética y Biología Molecular de la Universidad Nacional de Trujillo-Perú, por brindarnos las facilidades para llevar a cabo esta investigación en su establecimiento moderno.

Descargos de responsabilidad

Los autores están de acuerdo con la publicación de este artículo y declaran que no hay conflictos de intereses que afecten los resultados de este estudio.

Referencias

- Bhuyan, R., & Saikia, C. (2005). Genetic mapping of fiber color genes on two brown cotton cultivars in Xinjiang. *Bioresource Technology*, 96(3), 363-72. doi:10.1186/2193-1801-3-480.
- Brako, L., & Zarucchi, J. (1993). *Catálogo de las angiospermas y gimnospermas del Perú*. (Vol. 46). Missouri, EE. UU.: Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden.
- Cortijo, D., & Cancio, R. (2012). Innovación tecnológica para recuperar el algodón nativo de color. *Inginería Industrial*, 30(1), 225-245.
- De Carvalho, L., Correia, F., De Andrade, M., & Da Silva, J. (2014). Inheritance of different fiber colors in cotton (*Gossypium barbadense* L.). *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 14, 256-260. doi:10.1590/1984-7033 2014v14n4n40.
- Fernández, A., & Rodríguez, E. (2007). *Etnobotánica del Perú pre-hispano*. Trujillo, Perú: Herbarium Truxillense (HUT). Recuperado de https://static1.squarespace.com/static/54b98e1ee4b0b6572f801af7/t/5579e0dfef4b00046e7a025df/1434050783296/ETNOBOTANICA+DEL+PERU+PREHISPANO_Fern%C3%A1ndez+y+Rodríguez.pdf.
- Fernández, A., Rodríguez, E., & Westengen, O. (2003). Biología y etnobotánica del algodón nativo peruano (*Gossypium barbadense* L., Malvaceae). *Arnaldoa*, 10(2), 92-107.
- Gil, A., & López, S. (2015). Germination characteristics of native cotton, *Gossypium* sp., seeds of green, lilac and brown. *Rebiol*, 35(2), 39-46.
- Gil, A., & López, S. (2017). Principal plagues and beneficial insects of *Gossypium hirsutum* L. "Native Cotton" of green fiber in relation to its phenological cycle. *Arnaldoa*, 24(1), 359-368. doi:10.22497/arnaldoa.241.24118.
- Kwiatkowska, T., & López, R. (2000). *Ingeniería genética y ambiental: problemas filosóficos y sociales de la biotecnología*. Ciudad de México, México: Plaza y Valdés.
- López, S., & Gil A. (2017). Phenology of *Gossypium raimondii* Ulbrich "native cotton" of green fiber. *Scientia Agropecuaria*, 8(3), 267-271. doi:10.17268/sci.agropecu. 2017.03.09.
- López, A., López, S., Gil, E., Caicedo, & E., Mendoza, E. (2018). Caracterización de frutos, semillas y fibras de *Gossypium barbadense* "algodón Pardo". *Sciendo*, 21(3), 301-304.
- López, S., Gil, E., & López, A. (2017). Caracterización de fibras y características germinativas de semillas de *Gossypium raimondii* Ulbrich "algodón nativo" de fibra de color verde como base para su conservación e incorporación a la industria textil. En W. E. Reyes Avalos (Ed.), *Libro de resúmenes del VIII Congreso Nacional de Estudiantes de Biología* (p. 56). Nuevo Chimbote, Perú: Universidad Nacional de Santa Matarrita, A. (1989). *Cultivo de algodón*. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- Méndez, J., & Alcorcés, N. (2007). Boll, seed and fiber traits of eight cotton cultivars under savanna conditions. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 24(1), 285-293.
- Méndez, J. (2007). Effect of plant stand and fertilization on fruit traits in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *IDESLA*, 24(3), 39-47.
- Medina, C. (2010). *Domesticación de las plantas cultivadas*. Trujillo, Perú: Graficart.
- Mostacero, J., Mejía, F., & Gamarra, T. (2009). *Fanerogamas del Perú. Taxonomía, utilidad y ecogeografía*. Trujillo, Perú: Concytec.
- Mostacero, J., Lopéz, E., Yabar, H., De La Cruz, J. (2017). Preserving traditional botanical knowledge: The importance of phytogeographic and ethnobotanical inventory of Peruvian dye plants. *Plants*, 6(4), 63-77.
- Palomo, A., Gaytán, A., Faz, R., Reta, D., & Gutiérrez, E. (2004). Cotton yield and fiber quality in response to nitrogen rate and number of irrigations. *Terra Latinoamericana*, 22(3), 299-305.
- Pisani, E., Masiero, M., & Scrocco, S. (2015). Reintroduction of native cotton (*Gossypium barbadianum*) on the North coast of Peru: Analysis of economic feasibility for small producers. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 47(1), 209-232.
- Robles, R. (2012). *Producción de oleaginosas y textiles*. Ciudad de México, México: Limusa.
- Staud, L., & Athayde, M. (1999). Efeitos do fósforo e potássio no rendimento e em outras características agronômicas do algodoeiro herbáceo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34(10), 1839-1843. doi:10.1590/S0100-204X19990010000 10.
- Stephens, S., & Moseley, M. (1974). Cotton remains from archeological sites in central coastal Peru. *Science*, 180(4082), 186-188. doi:10.1126/science.180.4082.186.
- Wang, L., Liu, H., Li, X., Xiao, X., Ai, X., ... Li, X. (2014). Genetic mapping of fiber color genes on two brown cotton cultivars in Xinjiang. *Springer Plus*, 3, 480-485. doi:10.1186/2193-1801-3-480.