

*Documento técnico*

# Caracterización molecular de *Guadua* spp. en Perú: implicaciones para la conservación y el manejo de especies cultivadas

Eduardo Ruiz-Sánchez, María de la Luz Perez-Garcia, Santos Raphael Paucar Cárdenas

2025



Plan Binacional de Desarrollo de la  
Región Fronteriza Perú - Ecuador  
*Capítulo Perú*



PERÚ  
Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

SERFOR

## © Organización Internacional del Bambú y el Ratán 2025

Esta publicación tiene licencia para su uso bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 Unported (CC BY-NC-SA 4.0). Para ver esta licencia, visite: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>

### Cómo citar

Ruiz-Sanchez E., Perez-Garcia M.L., Paucar Cárdenas, S.R. (2025). Caracterización molecular de *Guadua* spp. en Perú: implicaciones para la conservación y el manejo de especies cultivadas. Documento Técnico. INBAR: Beijing, China.

### Acerca de la Organización Internacional del Bambú y el Ratán

La Organización Internacional del Bambú y el Ratán, INBAR, es una organización intergubernamental dedicada a la promoción del bambú y el ratán para el desarrollo sostenible. Para más información, por favor visite [www.inbar.int](http://www.inbar.int).

### Acerca de este documento de trabajo

Este trabajo es una publicación de la Organización Internacional del Bambú y el Ratán (INBAR) producida como parte del proyecto: Innovación productiva y tecnológica del bambú en el corredor económico fronterizo del nororiente peruano - “Bambú Nororiente”. cofinanciado por el Capítulo Perú del Plan Binacional para el Desarrollo Fronterizo Perú – Ecuador y el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR).

### Organización Internacional del Bambú y el Ratán

8 Futong Dong Da Jie, Wangjing, Distrito de Chaoyang, Pekín, China

Teléfono: +86 10 64706161; Fax: +86 10 6470 2166; Correo electrónico: [info@inbar.int](mailto:info@inbar.int)

© 2025 Organización Internacional del Bambú y el Ratán (INBAR)

## Agradecimientos

Los autores queremos expresar nuestro agradecimiento a Alex Vite Vite y Esperanza Goicoechea por su valiosa ayuda durante las colectas en campo. También agradecemos a los dueños de las parcelas que nos autorizaron recolectar material biológico: Gary García, Juan Flores, Roger Huamán, Julio Adrianzen, Isidro Peña, Rafael Cueva, Carloman Alarcón, Ramos Paucar y Dario Goicoechea. Agradecemos al Ing. Fabián Moreno, Javier Alcívar, Carlos Párraga, Hedy Moreira y José Palacios, quienes enviaron muestras de *Guadua angustifolia* provenientes de Manabí, Ecuador. De igual manera, extendemos nuestro agradecimiento a Hitler Panduro por enviar muestras de *Guadua lynnclarkiae* recolectadas en el Maronal de Atumplaya, Moyobamba, Perú. Nuestro agradecimiento también es para Ximena Londoño, quien revisó este estudio. Agradecemos a Juliette Alexandra Hernández Higuera, Verónica Monserrat Flores Casillas y Lucila Monserrat González Estrella por su destacada labor en la extracción de ADN, amplificación de los SSR y la genotipificación. Finalmente, reconocemos al Laboratorio Nacional de Identificación y Caracterización Vegetal de la Universidad de Guadalajara por las facilidades brindadas para la realización del trabajo de laboratorio.

## Lista de abreviaciones

<b>ACP</b>	Análisis de Componentes Principales
<b>ADCP</b>	Análisis Discriminante de Componentes Principales
<b>ADN</b>	Ácido Desoxirribonucleico
<b>aff</b>	Afinidad
<b>AE</b>	Alelos Efectivos
<b>AR</b>	Riqueza de alelos
<b>CTAB</b>	Bromuro de hexadeciltrimetilamonio (por sus siglas en inglés)
<b>Fis</b>	Coefficiente de Endogamia
<b>FST</b>	Índice de Fijación
<b>Ga</b>	<i>Guadua angustifolia</i>
<b>Gb</b>	<i>Guadua aff. angustifolia</i> Biotipo 1
<b>Gl</b>	<i>Guadua lynnclarkiae</i>
<b>Gt</b>	<i>Guadua takahashiae</i>
<b>He</b>	Heterocigosidad esperada
<b>Ho</b>	Heterocigosidad observada
<b>HWE</b>	Desviaciones del equilibrio de Hardy-Weinberg
<b>INBAR</b>	Red Internacional del Bambú y el Ratán (por sus siglas en inglés)
<b>MCMC</b>	Cadenas de Markov de Monte Carlo (por sus siglas de inglés)
<b>No</b>	Número
<b>PCR</b>	Reacción de Cadena de la Polimeraza (por sus siglas en inglés)
<b>SERFOR</b>	Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre
<b>SSR</b>	Simple Sequence Repeat (Secuencia de ADN repetida o microsatélites)

## Tabla de contenido

Lista de Figuras .....	5
Resumen ejecutivo .....	6
1. Introducción .....	7
2. Metodología .....	12
2.1. Metodología general.....	12
2.1.1. Muestreo en campo .....	12
2.1.2. Extracción de ADN y genotipificación de microsatélites .....	16
2.1.3. Diversidad Genética.....	17
2.1.4. Estructura poblacional.....	17
3. Resultados.....	19
3.1. Diversidad genética .....	19
3.2. Estructura poblacional .....	20
4. Conclusiones .....	23
5. Recomendaciones .....	24
Referencias.....	25

## Lista de Figuras

Figura 1. Fotografías de <i>Guadua angustifolia</i> y <i>Guadua aff. angustifolia</i> Biotipo 1.	10
Figura 2. Fotografías de <i>Guadua lynnclarkiae</i> y <i>Guadua takahashiae</i> .	11
Figura 3. Mapa de ubicación de los sitios de colecta.	15
Figura 4. Diagrama de barras generado con Clumpak.	21
Figura 5. Análisis de Componente Principales.	22
Figura 6. Análisis Discriminante de Componente Principales.	22

## Resumen ejecutivo

En Perú se encuentran registradas siete especies del género *Guadua*: *G. glomerata* Munro, *G. lynnclarkiae* Londoño, *G. macrospiculata* Londoño & L.G. Clark, *G. sarcocarpa* Londoño & P.M. Peterson, *G. superba* Huber, *G. takahashiae* Londoño y *G. weberbaueri* Pilger. Tres de estas especies, junto con una aún no descrita, identificada como *Guadua aff. angustifolia* Kunth Biotipo 1, habitan en la región Nororiental del Perú. *Guadua takahashiae* y *G. lynnclarkiae* son especies endémicas descritas en el año 2013. Sin embargo, persiste la incertidumbre sobre la caracterización genética de la especie conocida históricamente como “caña de Guayaquil” en Perú.

El objetivo de este estudio fue caracterizar molecularmente las especies cultivadas del género *Guadua* en la región Nororiental del Perú. Para ello, se analizaron muestras de *Guadua takahashiae*, *Guadua lynnclarkiae*, *Guadua aff. angustifolia* Biotipo 1 y *Guadua angustifolia* (“caña de Guayaquil”) procedentes de Ecuador. Las colectas se realizaron en 14 plantaciones y formaciones de guaduas en los departamentos de Piura, Cajamarca, Amazonas y San Martín. Se amplificaron y genotificaron siete microsatélites (SSR) del núcleo.

Nuestros resultados muestran una alta diversidad genética en las cuatro especies estudiadas y la ausencia de mezcla entre ellas. Esto significa que las cuatro especies se mantienen independientes, sin evidencia de hibridación. Además, los resultados respaldan la identidad de *Guadua aff. angustifolia* Biotipo 1 como una especie nueva que deberá describirse en el futuro. Asimismo, no encontramos evidencia que asocie la “caña de Guayaquil” con ninguna de las tres especies de *Guadua* cultivadas en Perú. Por lo tanto, la especie conocida como “caña de Guayaquil” en Perú corresponde a *Guadua takahashiae* y no a *Guadua angustifolia*, como se creía anteriormente. Finalmente, reconocemos a *Guadua takahashiae* como la especie más cultivada y utilizada en Perú por sus características de adaptación y fácil manejo.

## 1. Introducción

Los bambúes son pastos gigantes que pertenecen a la subfamilia *Bambusoideae*, una de las 12 subfamilias de las *Poaceae* o gramíneas, donde también se clasifican los cereales, la caña de azúcar y otros pastos (Clark et al. 2015; Soreng et al. 2017). La subfamilia *Bambusoideae* se organiza en tres tribus: *Arundinariae* (bambúes leñosos templados), *Bambuseae* (bambúes leñosos tropicales) y *Olyreae* (bambúes herbáceos) (Clark et al. 2015; Soreng et al. 2017). En total, se han descrito más de 1700 especies entre bambúes leñosos y herbáceos.

Alrededor del mundo, muchas especies de bambúes leñosos se utilizan de diversas maneras: como plantas ornamentales vivas, en la rehabilitación de suelos degradados, para prevenir la erosión y capturar dióxido de carbono, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático (Zhou et al. 2005; Akinlabi et al. 2017). Además del uso del culmo, que es el más común, otras partes del bambú, como las raíces, rizomas, hojas, frutos y brotes, se emplean como alimentos o materias primas para la producción de papel, textiles, artesanías, muebles, productos tecnológicos a base de bambú y construcción de viviendas (Benton 2015; Liese et al. 2015; Akinlabi et al. 2017). Aunque existen más de 1700 especies de bambúes (Soreng et al. 2017), Benton (2015) identifica una lista de 45 especies con importancia económica. En esta lista se incluyen tres especies del género *Guadua*: *G. angustifolia* Kunth, *G. amplexifolia* J. Presl y *G. chacoensis* (Rojas Acosta) Londoño & P.M. Peterson, consideradas económicamente relevantes.

El género *Guadua* Kunth es un bambú leñoso neotropical clasificado dentro de la subtribu *Guaduinae* y cuenta con 36 especies descritas (Ruiz-Sanchez et al. 2021, 2024; Lobato Afonso et al. 2023; Londoño y Ruiz-Sanchez 2024). Las especies de *Guadua* se distribuyen geográficamente desde México hasta Uruguay y Argentina, sin incluir especies nativas en Chile ni en las islas del Caribe (Judziewicz et al. 1999; Ruiz-Sanchez et al. 2021). Este género se distingue de otros bambúes del Neotrópico por un conjunto de características morfológicas particulares: bandas infra y supranodales de tricomas blancos en la región nodal, hojas caulinares triangulares y la presencia de espinas en las ramas (Londoño y Peterson, 1991; Judziewicz et al., 1999; Londoño y Ruiz-Sanchez 2014).

Los culmos de algunas especies de *Guadua* alcanzan hasta 35 m de altura y 23 cm de diámetro (Young y Judd, 1992; Londoño, 2013; Londoño, 2024), lo que los convierte en los bambúes nativos de mayor tamaño en el Neotrópico. Las especies de *Guadua* habitan una amplia variedad de ambientes, que incluyen hábitats secos en México, Centroamérica, Bolivia y Brasil, así como bosques tropicales y húmedos en Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil. La mayoría de estas especies crecen a lo largo de ríos y arroyos, en valles húmedos, bosques montanos bajos y bosques tropicales lluviosos, desde México y Centroamérica hasta Argentina, Paraguay, Uruguay y el sur de Brasil. Aunque su presencia es más notable en la región andina y la región amazónica de Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, Venezuela y Bolivia, donde cubren grandes extensiones (Judziewicz et al., 1999; Ruiz-Sanchez et al., 2021).

*Guadua angustifolia* es una de las especies más conocidas y estudiadas, y se utiliza para construir casas, puentes y otras estructuras en Colombia y Ecuador (Young y Judd, 1992; Londoño, 2002, 2011, 2013, 2024; INBAR, 2015; Melo y Valenzuela, 2021). Además de *G. angustifolia*, existen otras especies importantes por sus usos locales. Por ejemplo, *Guadua amplexifolia*, *G. paniculata* Munro y *G. velutina* Londoño & L.G. Clark se utilizan en la construcción de bahareque en México (Ruiz-Sanchez et al., 2023), mientras que *G. paniculata* se emplea en techos y bahareque en Bolivia (Killeen et al., 1993). En Perú, *Guadua takahashiae* y *G. lynnclarkiae* se utilizan en la construcción de viviendas, muebles y paredes de bahareque (Londoño, 2021, 2024).

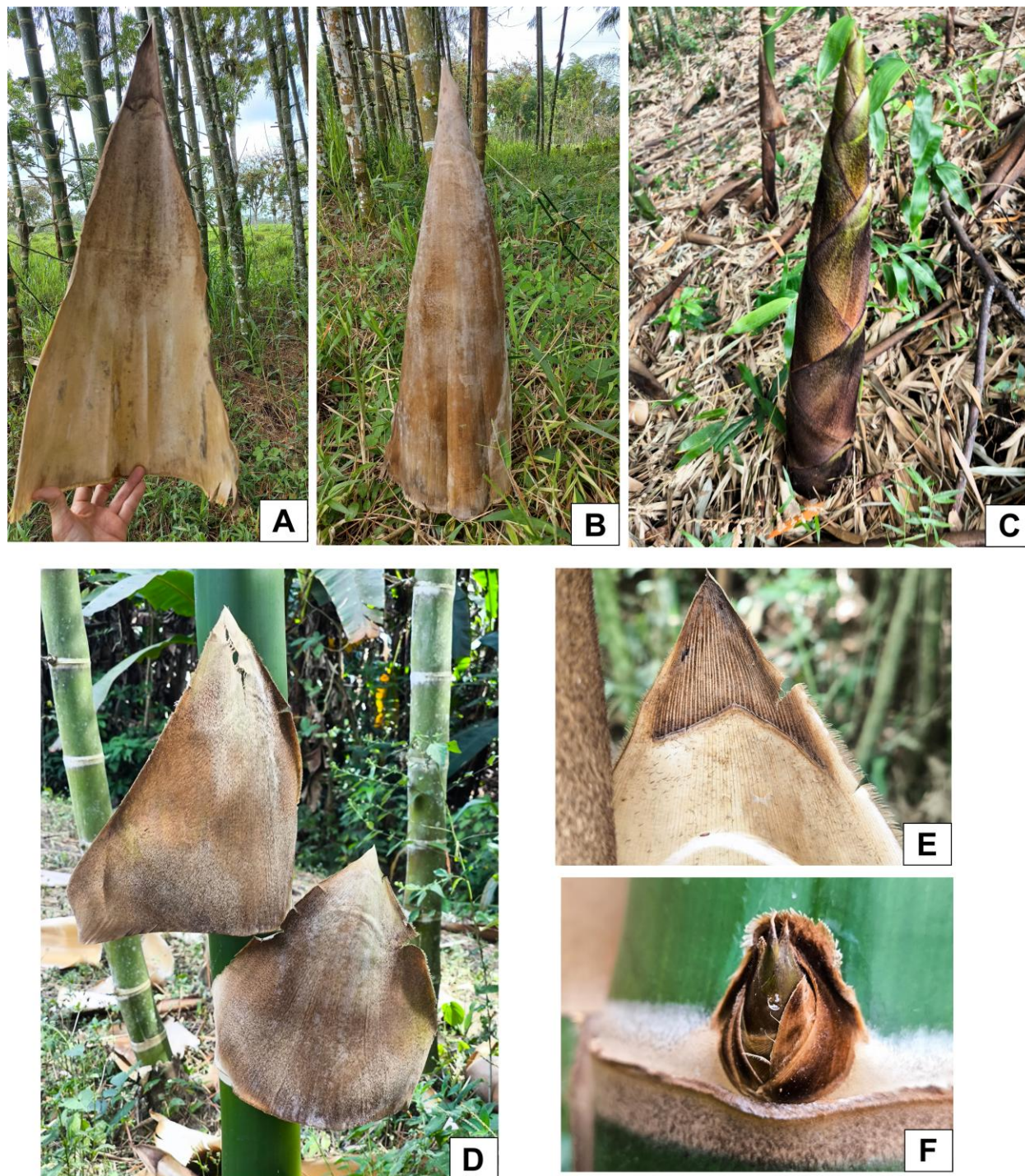
De acuerdo con Ruiz-Sanchez et al. (2021), en el Perú se han descrito 100 especies de bambúes, de las cuales 69 son bambúes leñosos y 31 son bambúes herbáceos. Los bambúes leñosos pertenecen a los géneros *Arthrostylidium*, *Aulonemia*, *Chusquea*, *Guadua*, *Merostachys* y *Rhipidocladum*. En el género *Guadua* se reportan siete especies mencionadas anteriormente: *G. glomerata*, *G. lynnclarkiae*, *G. macrospiculata*, *G. sarcocarpa*, *G. superba*, *G. takahashiae* y *G. weberbaueri*. En un estudio realizado por Londoño (2010) en la región noroccidental del Perú, se documentó la presencia de 10 especies nativas: cuatro pertenecen al género *Guadua*, tres al género *Chusquea*, una al género *Rhipidocladum* y dos al género herbáceo *Olyra*.

Bajo el género *Guadua*, se registra *G. weberbaueri* y tres biotipos afines a *Guadua angustifolia*: *Guadua* aff. *angustifolia* Biotipo 1, Biotipo 2 y Biotipo 3. Como resultado del estudio de estos

biotipos, Londoño (2013) describió dos nuevas especies de *Guadua* para el Perú: *G. lynnclarkiae* y *G. takahashiae*, identificadas previamente en Londoño (2010) como Biotipo 2 y Biotipo 3, respectivamente. Sin embargo, *Guadua* aff. *angustifolia* Biotipo 1 aún no ha sido identificada taxonómicamente. El nombre común “caña de Guayaquil” se refiere a la *Guadua* procedente de Ecuador, debido al historial comercial que existe desde épocas precolombinas entre ambos países en las zonas del litoral costero. Sin embargo, este nombre también se aplica a *Guadua takahashiae*, especie ampliamente cultivada en la región nororiental del Perú y actualmente distribuida en la Amazonía peruana mediante proyectos gubernamentales de reforestación. Esta situación ha convertido a *G. takahashiae* en una de las especies más populares y utilizadas del país.

Aunque Londoño describió a *Guadua takahashiae* en 2013, la población, los usuarios, el gobierno y la academia continuaron considerándola como *Guadua angustifolia*. Esto podría deberse a que *G. angustifolia* es la especie más conocida y utilizada en las regiones tropicales de América, además de poseer las mejores propiedades físico-mecánicas. Diversos estudios publicados por el INBAR, como “Estudio de vulnerabilidad al cambio climático orientado a la caña guadua, en la región costa del Ecuador y Perú” de Añazco (2013), “Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú (*Guadua angustifolia*) en Perú” de Añazco y Espinoza Saavedra (2015), y SERFOR como el Manual de manejo integral del bambú (*Guadua angustifolia*) experiencias en el departamento de Amazonas (2021) y el “Manual técnico de la Caña de Guayaquil – Sistematización Piura” elaborado por SERFOR/INBAR (2018), además de la Norma Técnica E.100 BAMBÚ para construcción con bambú en Perú, continúan refiriéndose erróneamente a esta especie como *Guadua angustifolia*, cuando en realidad se trata de *Guadua takahashiae*.

Ante la necesidad de identificar con certeza las especies del género *Guadua* más utilizadas en Perú, este estudio caracterizó molecularmente las especies cultivadas en la región Nororiental del país (Figuras 1 y 2). Para ello, se analizaron muestras de *Guadua takahashiae*, *Guadua lynnclarkiae*, *Guadua* aff. *angustifolia* Biotipo 1 y *Guadua angustifolia* (Figuras 1 y 2), siendo esta última proveniente de Ecuador. El estudio tuvo como objetivo identificar, recolectar y clasificar, tanto morfológica como molecularmente, las muestras de las especies comerciales del género *Guadua* procedentes de plantaciones y/o ecosistemas de guadua en los departamentos de Piura, Cajamarca y Amazonas.



**Figura 1.** A-C. *Guadua angustifolia* Kunth. A. Vista adaxial de la hoja caulinar. B. Vista abaxial de la hoja caulinar. C. Brote. D-F- *Guadua aff. angustifolia* Biotipo 1. D. Culmo con dos hojas caulinares, vistas abaxial. E. Detalle de la superficie adaxial de la porción apical de la hoja

caulinar donde se observa la ligular y la lámina. F. Detalle de la yema en la región nodal del culmo.



**Figura 2.** A-C. *Guadua lynclarkiae* Londoño. A. Detalle de la porción apical de la hoja caulinar lado adaxial, donde se observa ligular y lámina. C. Raphael Paucar mostrando el tamaño de la hoja caulinar lado adaxial. C. Detalle de la yema en la región nodal del culmo. *Guadua takahashiae* Londoño. D-F. D y F. Detalle de los brotes donde se observa la coloración naranja de las hojas caulinares. E. Entrenudos del culmo donde se observa la presencia de líquenes de color negro y blanco.

## 2. Metodología

### 2.1. Metodología general

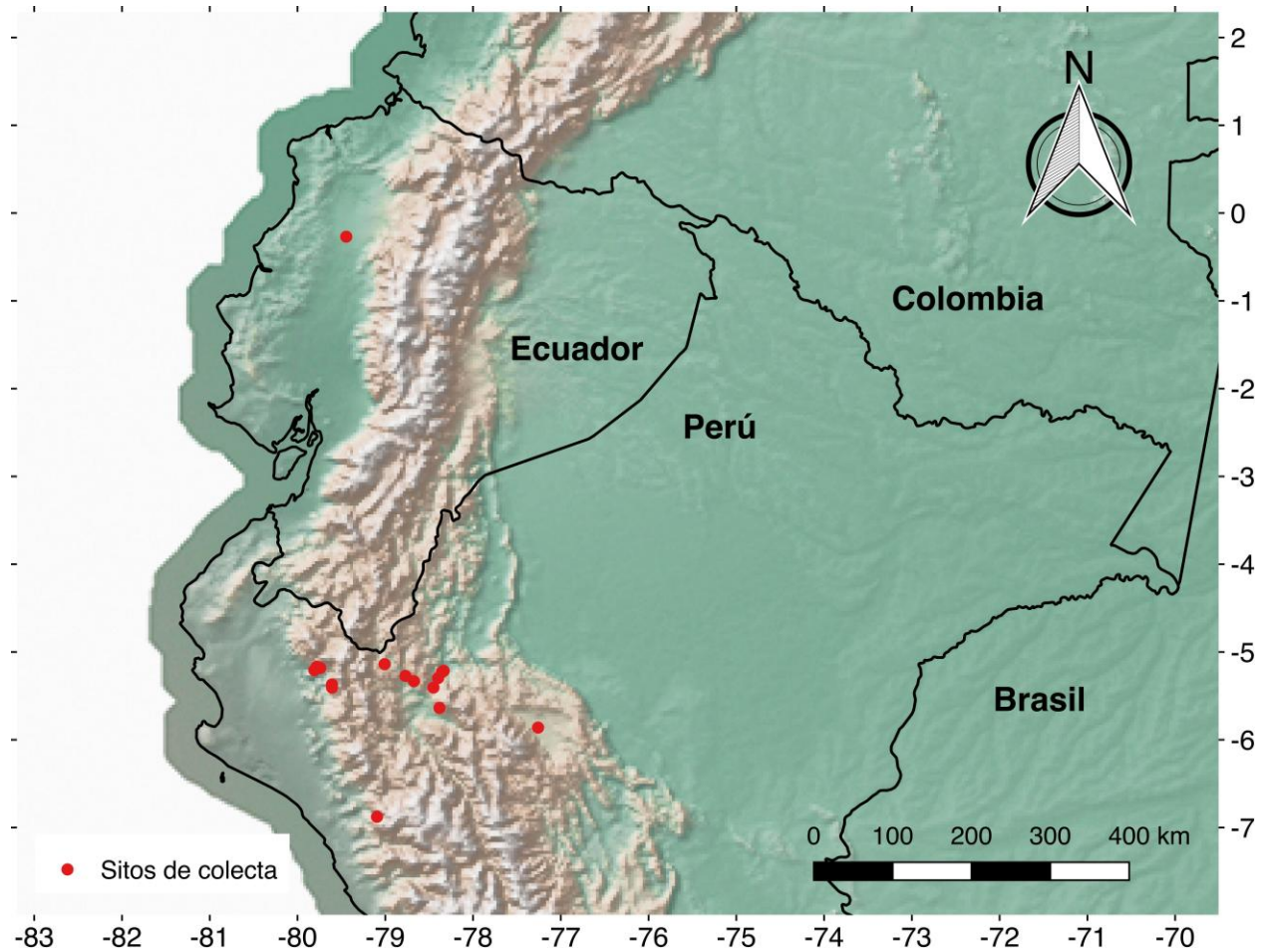
#### 2.1.1. Muestreo en campo

El muestreo se llevó a cabo en 14 parcelas en los departamentos de Piura, Cajamarca, Amazonas y San Martín. Además, obtuvimos muestras de *Guadua angustifolia* de Ecuador (Tabla 1; Figura 3). Para la colecta del material vegetativo (hojas foliares), seguimos las recomendaciones de Soderstrom y Young (1983): recolectamos partes vegetativas y, cuando existieron partes reproductivas, también las colectamos. En cada sitio de colecta, recogimos hojas caulinares, hojas foliares con fragmentos de ramas, y en un solo caso encontramos flores. Disponemos este material en papel periódico, numerando cada hoja de acuerdo con el número de colecta correspondiente a la libreta de campo. Realizamos las colectas por duplicado: un duplicado se enviará a las Instituciones Científicas Nacionales Depositarias de Material Biológico, el Herbario San Marcos (USM) del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos-UNMSM (Thiers 2024). Para las colectas de material para el estudio genético, seguimos el método de Chase y Hills (1991), que consiste en recolectar hojas frescas y jóvenes, las cuales almacenamos en sobres elaborados con papel filtro y depositamos en bolsas con sílica para su deshidratación. En la libreta de notas, registramos los datos de localidad, georreferencias y elevación para cada colecta. Para la identificación morfológica de las especies de *Guadua* colectadas, seguimos el reporte de Londoño (2010) y la descripción de dos nuevas especies de *Guadua* para el Perú de Londoño (2013). Después de colectar los especímenes, deshidratamos estos en un horno secador a 45°C. Posteriormente, los montaremos en cartulinas de papel de 30 x 40 cm para enviarlos a los herbarios mencionados.

**Tabla 1.** Sitios de colecta de las especies de *Guadua* utilizadas en este estudio.

<b>Especie</b>	<b>Localidad</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Elevación</b>
<i>G. takahashiae</i>	Parcelas de Gary García y Juan Flores, Distrito de Yamango, Morropón, Piura	639562.06 m E 9427036.11 m S	1249 m
<i>G. takahashiae</i>	Parcela de Roger Huaman, Distrito de Yamango, Morropón, Piura	634086 m E 9424634 m S	541 m
<i>G. takahashiae</i>	Tamboya, Distrito de Yamango, Morropón, Piura	635149.56 m E 9428592.64 m S	912 m
<i>G. takahashiae</i> y <i>G. aff. angustifolia</i> Biotipo 1	parcela de Julio Ramírez en Los Álamos, Distrito de San Miguel de El Faique, Huancabamba, Piura	654393 m E 9402248 m S	1170 m
<i>G. aff. angustifolia</i> Biotipo 1	Parcela de Isidro Peña en La Esperanza, Distrito de Canchaque, Huancabamba, Piura	654284 m E 9406248 m S	1213 m
<i>G. takahashiae</i>	Limoncito, Distrito de La Florida, Provincia de San Miguel, Cajamarca	710598.98 m E 9239416.64 m S	1297 m
<i>G. takahashiae</i>	San Estebán, Distrito de Huarango, Cajamarca	747125 m E 9416849 m S	603 m

<i>G. aff. angustifolia</i> Biotipo 1	Shumba Bajo, Distrito Bellavista, Bellavista, Cajamarca	757698 m E 9410097 m S	694 m
<i>G. takahashiae</i>	Parcela de Jacobo Camacho, Yandiluzá, Distrito de San Ignacio, Cajamarca	720957 m E 9431569 m S	1340 m
<i>G. takahashiae</i>	Topotipo, Distrito de Aramango, Bagua, Amazonas	782505 m E 9401968 m S	383 m
<i>G. takahashiae</i>	Parcela de Dario Goicoechea Duran, Distrito de Imaza, Bagua, Amazonas	782504 m E 9401965 m S	372 m
<i>G. aff. angustifolia</i> Biotipo 1	Parcela de Percy Pilco, Aserradero, Distritode Imaza, Bagua, Amazonas	793213 m E 9421556 m S	526 m
<i>G. takahashiae</i>	Soldado Oliva, Distrito de Aramango, Bajua, Amazonas	788573 m E 9413878 m S	639 m
<i>G. takahashiae</i>	La Palma, Distrito de Copallin, Bagua, Amazonas	789956 m E 9376226 m S	1320 m
<i>G. angustifolia</i>	Manabí, Ecuador		
<i>G. lynnclarkiae</i>	Maronal de Atumplaya en Moyobamba, Provincia de Moyobamba, San Martín		



**Figura 3.** Mapa de ubicación de los sitios de colecta de las especies de *Guadua* utilizadas en este estudio (ver Tabla 1).

### 2.1.2. Extracción de ADN y genotipificación de microsatélites

Aislamos el ADN genómico de 100 mg de tejido foliar siguiendo el procedimiento CTAB de Doyle y Doyle (1987), con la modificación de Cota-Sanchez et al. (2006). Disolvimos el ADN en 100 µL de agua Milli-Q. Amplificamos siete cebadores microsatélites (SSR): dos desarrollados para *Guadua angustifolia* (Pérez-Galindo et al. 2009), cuatro desarrollados para *G. chacoensis* (Rossarolla et al., 2020) y uno desarrollado para *Aulonemia aristulata* (Abreu et al. 2011). Las reacciones de PCR contenían 2.5 µL de una solución multiplex, 5-100 ng de ADN molde y 0.3 µM de cada cebador, con un volumen final de 5.5 µL.

Realizamos las reacciones de PCR utilizando un termociclador AERISTM (Esco Healthcare, Singapur) bajo las siguientes condiciones: 95 °C durante 15 min; 35 ciclos de 94 °C durante 30 s, con un gradiente de temperatura de alineamiento de 50 a 60 °C durante 1:30 min, y 72 °C durante 1 min. La extensión final duró 10 min a 72 °C. Marcamos los cebadores con HEXTM (Gcha01, Gcha04) y FAMTM (Aar12, FJ444930, FJ444932, Gcha07, Gcha13). La amplificación por PCR para cebadores marcados consistió en 2,5 µL de una solución multiplex, 5-100 ng de ADN molde y 0,5 µL de la mezcla de cebadores, la cual incluía 2 µM para cada cebador y combinamos dos pares de cebadores por reacción.

Evaluamos los productos de PCR en un gel de agarosa al 1% utilizando GelRed, los visualizamos con un transiluminador UV (UVP) y luego los analizamos en un secuenciador automático con 0.5 µL de GeneScan 500 ROX Size Standard o GeneScan 500 LIZ Size Standard (Applied Biosystems, Foster City, California, EE. UU.), 9.5 µL de Formamida (Applied Biosystems) y 1.0 µL de mezcla de reacción de PCR (diluida a 1:20). Corremos los productos amplificados en un SeqStudio-232000826 (Applied Biosystems®) para determinar los tamaños de los alelos en el Laboratorio Nacional de Identificación y Caracterización Vegetal (LaniVeg, Universidad de Guadalajara).

Determinamos la configuración del genotipo utilizando el software de análisis de microsatélites (MSA), un módulo de genotipado de microsatélites disponible en Thermo Fisher Cloud y Peak Scanner CE Fragment Sizing (Thermo Fisher™). El módulo Peak Scanner permite identificar picos y dimensionar fragmentos. Inferimos el número de alelos como una función del área de pico para cada individuo y cada locus. Asignamos los genotipos para cada uno de los cuatro alelos de los cuatro taxones utilizando el método de recuento de alelos de ADN de microsatélites-cociente de picos (MAC-PR) (Esselink et al., 2004).

### 2.1.3. Diversidad Genética

Estimamos la proporción de alelos nulos para cada locus utilizando el método de De Silva (De Silva et al., 2005), implementado en Polysat versión 1.7. Evaluamos las desviaciones del equilibrio de Hardy-Weinberg (HWE) para cada población en todos los loci y en todas las poblaciones por locus en GenoDive versión 3.05. Obtuvimos la heterocigosidad observada ( $H_o$ ), la heterocigosidad esperada ( $H_e$ ), la riqueza de alelos (AR) y el número promedio de alelos por locus ( $N_a$ ) con GenAlEx 6.5. Calculamos las distancias pareadas de  $F_{ST}$  entre las especies de *Guadua* utilizando GenoDive versión 3.05.

### 2.1.4. Estructura poblacional

Inferimos en la estructura genética utilizando un método de enfoque de agrupamiento bayesiano, implementado en STRUCTURE versión 2.3.4 (Universidad de Stanford, Stanford, CA, EE. UU.). Ejecutamos el software desde  $K = 1-4$ . Cada ejecución consistió en un período de prueba de  $1 \times 10^5$  pasos seguido de  $1 \times 10^6$  pasos de Markov chain Monte Carlo (MCMC), con 10 réplicas para cada  $K$  (número de agrupamientos), asumiendo un modelo de mezcla y frecuencias de alelos correlacionados. Elegimos el número más probable de agrupamientos ( $K$ ) comparando las probabilidades logarítmicas de los datos para cada valor de  $K$  y calculando la estadística  $\Delta K$  descrita por Evanno et al. (2005). Utilizamos CLUMPAK con los parámetros predeterminados para obtener el coeficiente de pertenencia permutado de todos los individuos asignados a cada agrupamiento, combinando los resultados de las 10 ejecuciones independientes.

Realizamos un análisis discriminante de componentes principales (ADCP) utilizando el paquete R de adegenet versión 2.1.5 (Université de Lyon, Lyon, Francia). Usamos el análisis ADPC también para investigar la diferenciación genética entre los cuatro taxa a través de un análisis de componentes principales (ACP). Seleccionamos los vectores de ACP que explicaron la mayoría de la varianza, pero minimizamos el sobreajuste del análisis ADPC. Utilizamos el número de ACP seleccionados para optimizar, verificar y volver a representar gráficamente el análisis ADCP utilizando 999 permutaciones.

### 3. Resultados

#### 3.1. Diversidad genética

Encontramos 42 alelos para los siete loci en 56 muestras de las cuatro especies de *Guadua*, con un porcentaje de 6.12 de datos faltantes. La diversidad genética de *G. takahashiae* fue de  $H_e = 0.674$  y  $H_o = 0.58$  (Tabla 2). Para *G. aff. angustifolia* Biotipo 1, la diversidad genética fue de  $H_e = 0.575$  y  $H_o = 0.594$  (Tabla 2). Mientras que para *G. angustifolia*, la diversidad genética fue de  $H_e = 0.638$  y  $H_o = 0.663$  (Tabla 2). Finalmente, la diversidad genética de *G. lynnclarkiae* fue de  $H_e = 0.617$  y  $H_o = 0.533$  (Tabla 2). El número de alelos efectivos varió de 2.533 a 3.572, mientras que el coeficiente de endogamia fue de -0.162 para *G. takahashiae*; 0.031 para *G. aff. angustifolia* Biotipo 1; 0.038 para *G. angustifolia*; y -0.159 para *G. lynnclarkiae* (Tabla 2).

**Tabla 2.** Índices de diversidad genética para cuatro especies de *Guadua* con marcadores SSR.

Especie	No. Alelos	No. AE	Ho	He	Fis
<i>Guadua angustifolia</i>	5.286	3.572	0.638	0.663	0.038
<i>G. aff. angustifolia</i> Biotipo 1	4.2	2.8	0.575	0.594	0.031
<i>G. lynnclarkiae</i>	3.2	2.5	0.617	0.533	-0.159
<i>G. takahashiae</i>	3.8	2.6	0.674	0.580	-0.162
Promedio	4.1	2.6	0.626	0.592	-0.057

AE = Alelos Efectivos. Ho = Heterocigocidad Observada. He = Heterocigocidad Esperada. Fis = Coeficiente de Endogamia

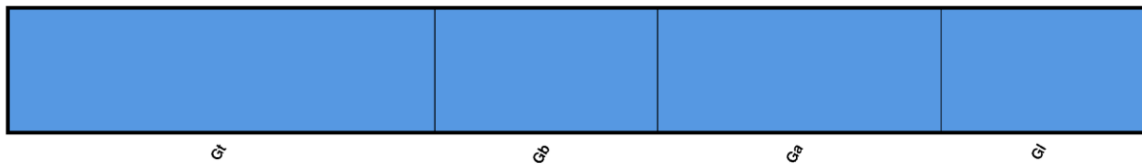
### 3.2. Estructura poblacional

El promedio de la estructura genética para las cuatro especies resultó en un  $F_{ST} = 0.096$ . Los valores de  $F_{ST}$  pareados entre las cuatro especies variaron de bajos a moderados (Cuadro 3). Al comparar los  $F_{ST}$  pareados entre las especies, encontramos que el valor entre *Guadua takahashiae* fue de 0.177, mientras que con *G. angustifolia* fue  $F_{ST} = 0.073$  y con *G. aff. angustifolia* Biotipo 1 fue  $F_{ST} = 0.108$  (Cuadro 3). El análisis de STRUCTURE reveló que la  $\Delta K$  más probable dio como resultado dos grupos genéticos. Sin embargo, también se observó una estructuración con cuatro grupos genéticos (Figura 4). El análisis de PCA (Figura 5) y ADCP recuperaron cuatro grupos genéticos sin mezcla entre ellos (Figura 6).

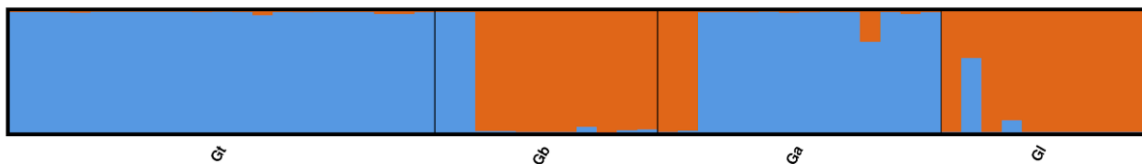
**Tabla 3.** Comparaciones pareadas de  $F_{ST}$  de las especies de *Guadua* estudiadas con SSR. Ga = *Guadua angustifolia*. Gb = *G. aff. angustifolia* Biotipo 1. Gl = *G. lynnclarkiae*. Gt = *G. takahashiae*.

Especies	Gt	Gb	Ga	Gl
Gt	0.0	0.108	0.073	0.177
Gb	0.108	0.0	0.120	0.144
Ga	0.073	0.120	0.0	0.126
Gl	0.177	0.144	0.126	0.0

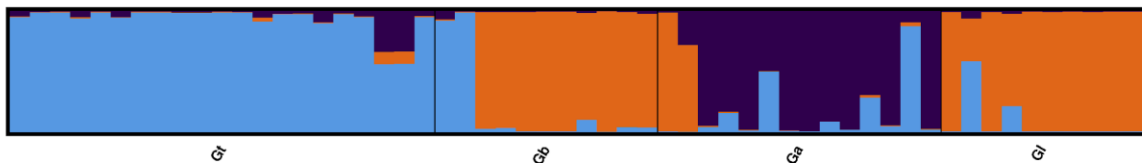
K=1



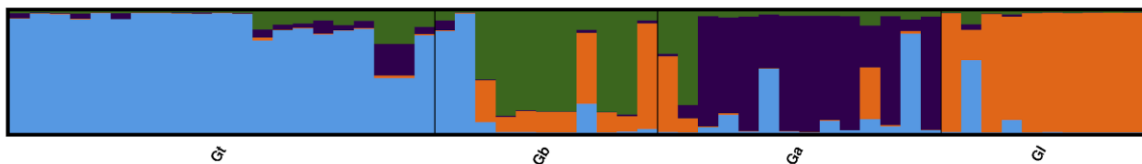
K=2



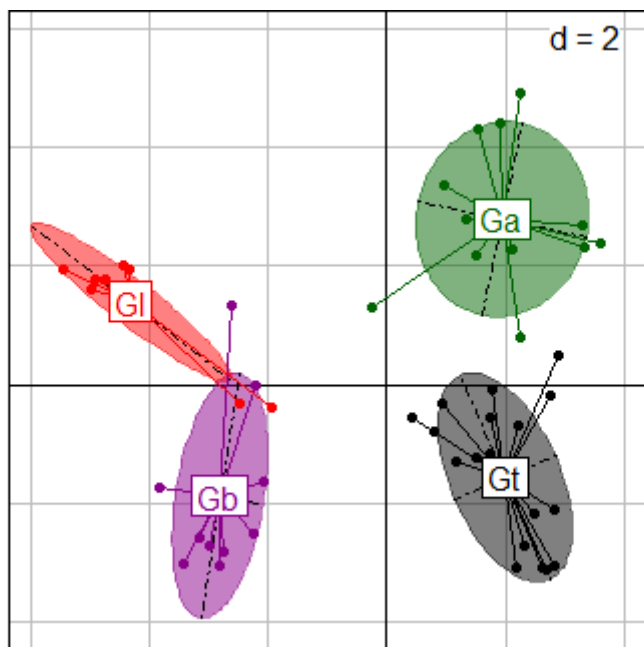
K=3



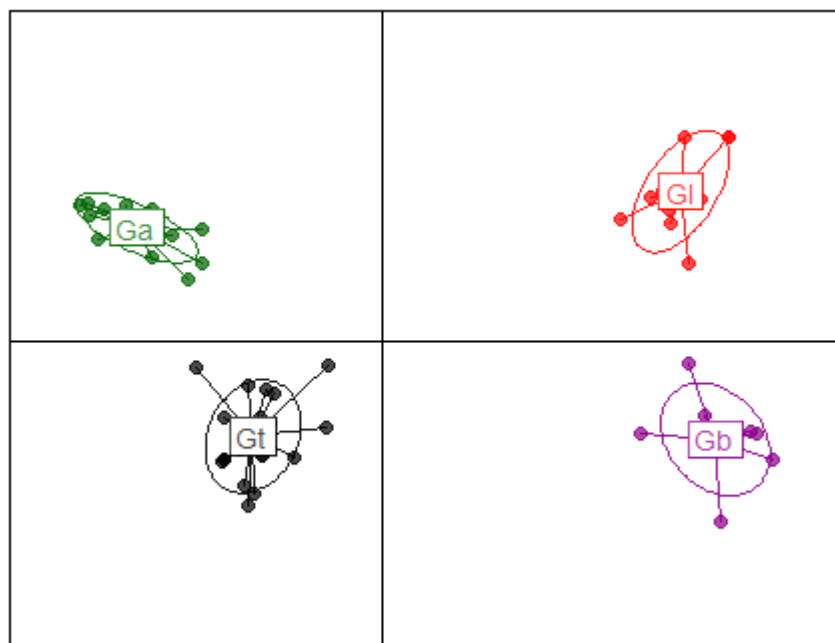
K=4



**Figura 4.** Diagrama de barras generado con Clumpak a partir de los resultados de STRUCTURE (K = 4) de Evanno, basado en siete marcadores microsatélites nucleares para cuatro especies de *Guadua* y 56 individuos. Cada línea vertical representa la probabilidad de que un individuo pertenezca a uno de los K grupos. Ga = *Guadua angustifolia*. Gb = *G. aff. angustifolia* Biotipo 1. Gl = *G. lynnclarkiae*. Gt = *G. takahashiae*.



**Figura 5.** Análisis de Componentes Principales. Ga = *Guadua angustifolia*. Gb = *G. aff. angustifolia* Biotipo 1. Gl = *G. lynnclarkiae*. Gt = *G. takahashiae*.



**Figura 6.** Análisis Discriminante de Componentes Principales. Ga = *Guadua angustifolia*. Gb = *G. aff. angustifolia* Biotipo 1. Gl = *G. lynnclarkiae*. Gt = *G. takahashiae*.

## 4. Conclusiones

En este estudio analizamos cuatro especies de *Guadua* utilizando marcadores nucleares de microsatélites (SSR) con el objetivo de identificar con certeza cuál o cuáles especies se aprovechan de las plantaciones comerciales en el corredor Nororiental de Perú, que abarca los departamentos de Piura, Cajamarca, Amazonas y San Martín. Para ello, recolectamos muestras biológicas (hojas foliares) de catorce parcelas donde se cultivan al menos dos especies de *Guadua*. La especie más cultivada corresponde a *Guadua takahashiae*, de acuerdo con sus caracteres morfológicos, que se compararon con los descritos por Londoño (2013) en su descripción original. La segunda especie cultivada, aunque menos frecuentemente, es *Guadua* aff. *angustifolia* Biotipo 1. Este biotipo fue el único que Londoño (2010) no publicó como especie nueva para Perú. Además de estas dos especies, en el corredor Nororiental, en el departamento de San Martín, se encuentra *Guadua lynnclarkiae*, que también se incluyó en el estudio. Finalmente, obtuvimos muestras de hojas foliares de la “caña Guadúa” de Ecuador.

Nuestros resultados genéticos mostraron que *Guadua takahashiae* es la especie más cultivada en el corredor Nororiental, presente en 12 de las 14 parcelas. Por otro lado, *Guadua* aff. *angustifolia* Biotipo 1 se halló en cuatro de las 14 parcelas, y se cultiva en proporciones muy bajas. Esto se debe a que presenta espinas muy cortas en las ramas, mientras que los productores prefieren *G. takahashiae* porque no tiene espinas en las ramas, lo que facilita su manejo. Nuestros resultados también indicaron que *Guadua angustifolia* de Ecuador es la auténtica “caña Guayaquil”. Además, *Guadua lynnclarkiae* se comportó como una especie pura, al igual que las otras tres.

Cuando Londoño (2010, 2013) reconoció tres biotipos de *Guadua* aff. *angustifolia* y describió dos de ellos como *Guadua lynnclarkiae* y *Guadua takahashiae*, no describió el Biotipo 1, ya que observó que este presentaba características intermedias entre ambas especies. Nuestros resultados genéticos confirman las observaciones de Londoño (2010), demostrando que *Guadua* aff. *angustifolia* Biotipo 1 es, en efecto, una nueva especie no descrita y no un potencial híbrido entre *G. lynnclarkiae* y *G. takahashiae*.

## 5. Recomendaciones

- Se recomienda socializar los resultados de este informe con las autoridades correspondientes (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, MIDAGRI; Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, SERFOR; Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y Ministerio del Ambiente) para dar a conocer los nombres de las especies de *Guadua* utilizadas en Perú, ya que el nombre científico de estas especies tiene implicaciones en diversos programas de los ministerios mencionados. Además, se sugiere que se los incluya en los instrumentos de gestión y documentos oficiales del país.
- Con base en los resultados de este estudio, se recomienda utilizar el nombre científico correcto en los futuros estudios que involucren alguna de las especies cultivadas en el corredor Nororiental de Perú.
- También se recomienda describir la nueva especie de *Guadua* que sustituirá el nombre de *Guadua* aff. *angustifolia* Biotipo 1. Este trabajo se recomienda que se lo realice en colaboración con la Ing. Ximena Londoño.
- Además, es necesario socializar el hecho de que el nombre científico para las especies de *Guadua* comúnmente denominadas “caña de Guayaquil” corresponde, en realidad, a tres especies nativas: *Guadua takahashiae*, *G. lynnclarkiae* y la especie aún no descrita, que por ahora nombramos como *Guadua* aff. *angustifolia* Biotipo 1.

## Referencias

- Abreu, A.G., Grombone-Guaratini, M.T., Monteiro, M., Pinheiro, J.B., Tombolato, A.F.C., Zucchi, M.I., 2011. Development of microsatellite markers for *Aulonemia aristulata* (Poaceae) and cross-amplification in other bamboo species. *American Journal of Botany* 98: e90-e92.
- Akinlabi, E.T., Anane-Fenin, K., Akwada, D.R. 2017. *Bamboo: The multipurpose plant*. Switzerland: Springer, Cham.
- Añazco, M. 2013. Estudio de vulnerabilidad al cambio climático orientado a la caña *Guadua*, En la región costa del Ecuador y Perú. Unión Europea · Red Internacional del Bambú y del Ratán. 148 p
- Añazco, M., Espinoza Saavedra, A. 2015. Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú (*Guadua angustifolia*) en Perú. INBAR, Quito, Ecuador. 179p.
- Benton, A. 2015. Priority species of bamboo. In: Liese W, Köhl M. eds. *Bamboo: The Plant and its Uses*. Switzerland: Springer International Publishing, 31-42.
- Chase, M.W., Hills, H.H., 1991. Silica gel: an ideal material for field preservation of leaf samples for DNA studies. *Taxon* 40: 215-220.
- Clark L.G., Londoño, X., Ruiz-Sanchez, E. 2015. Bamboo taxonomy and habitat. In: Liese W, Köhl M, eds. *Bamboo: The plant and its uses*, Vol. 10. Springer International Publishing, Switzerland, pp. 1-30.
- Cota-Sánchez, J. H., Remarchuk, K., Ubayasena, K. 2006. Ready-to-use DNA extracted with a CTAB method adapted for herbarium specimens and mucilaginous plant tissue. *Plant Molecular Biology Reporter* 24: 161-167.
- De Silva, H.N., Hall, A.J., Rikkerink, E., McNeilage, M.A., Fraser, L.G., 2005. Estimation of allele frequencies in polyploids under certain patterns of inheritance. *Heredity* 95: 327–334.
- Doyle, J.J., Doyle, J.L. 1987. A rapid DNA isolation procedure from small quantities of fresh leaf tissues. *Phytochemical Bulletin* 19: 11-15.
- Esselink, G.D., Nybom, H., Vosman, B., 2004. Assignment of allelic configuration in polyploids using the MAC-PR (microsatellite DNA allele counting-peak ratios) method. *Theoretical and Applied Genetics* 109: 402-408.
- Evanno, G., Regnaut, S., Goudet, J., 2005. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. *Molecular Ecology* 14: 2611–2620.

- INBAR. 2015. Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú en el Ecuador con énfasis en la especie *Guadua angustifolia*. Available at: <https://bambuecuador.files.wordpress.com/2018/01/2015-estudio-de-la-cadena-desde-la-produccioc81n-al-consumo-del-bmabucc81-en-ecuador.pdf> [acceso 3 septiembre, 2024].
- Judziwicz, E.J., Clark, L.G., Londoño, X., Stern, M.J. 1999. American bamboos. Smithsonian Institution Press. Washington, D. C., USA.
- Killeen, T.J., Garcia, E.E., Beck, S.G. 1993. Guía de árboles de Bolivia. Quipus S.R.L., La Paz, Bolivia.
- Liese, W., Welling, J., Hong-Tang, T.K. 2015. Utilization of bamboo. En: Liese W, Köhl M, eds. Bamboo: The Plant and its Uses. Springer International Publishing, Switzerland, pp. 299-346.
- Lobato Afonso, E.A., Clark, L.G. Mansano, V.D.F. Figueira, J.P.P.S., Viana, P.L. 2023. A new species of *Guadua* (Poaceae: Bambusoideae: Guaduinae) from Pará state in Amazonian Brazil. *Phytotaxa* 597: 208–218.
- Londoño, X. 2002. Evaluation of bamboo resources in Latin America. *In* A. Kumar, I. V. Ramanuja Rao, and C. Sastry [eds.], *Bamboo for sustainable development*, 49–78, Leiden, The Netherlands: Brill.
- Londoño, X. 2010. *Identificación taxonómica de los bambúes de la Región Noroccidental del Perú*. Ministerio de Agricultura, Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre, 36p.
- Londoño, X. 2013. Dos nuevas especies de *Guadua* para el Perú (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae: Guaduinae). *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 145-153.
- Londoño, X. 2021. Diversidad de Bambúes en los Departamentos de Junín, Pasco y San Martín - Perú: Guía Técnica. Organización Internacional del Bambú y Ratán. INBAR, Beijín, China.
- Londoño, X. 2024. Hidden treasures in the Amazon region of Colombia, Ecuador and Peru: Diversity and uses (Poaceae: Bambusoideae). *Proceedings of 12th World Bamboo Congress, Taiwan 2024*, 38 pp. <https://worldbamboo.net/proceedings/wbcxii>.
- Londoño, X., Ruiz-Sanchez, E. 2014. *Guadua tuxtliensis* (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae: Guaduinae), una nueva especie inadvertida de la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Botanical Sciences* 92: 481-488.

- Londoño, X., Ruiz-Sanchez, E. 2024. A new species of *Guadua* (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae: Guaduinae) from the Colombian Amazon. *Phytotaxa* 638: 227-236.
- Melo, M., and J. Valenzuela. 2021. Análisis de políticas para el desarrollo del bambú en las provincias de Napo, Pastaza y Morona Santiago, Ecuador. Ecuador: INBAR <https://www.inbar.int/wp-content/uploads/2021/02/Analisis-de-Politicas-para-el-Desarrollo-del-Bambu-en-las-Provincias-de-Napo-Pastaza-y-Morona-Santiago-Ecuador.pdf> [acceso 3 septiembre, 2024].
- Pérez-Galindo, C.A., González, C., Cárdenas, I.A., Heiber, H., 2009. Cloning and isolation of tetranucleotide microsatellite clones from *Guadua angustifolia* (Poaceae: Bambusoideae). *Molecular Ecology Resources* 9: 1375-1379.
- Rossarolla, M.D., Tomazetti, T.C., Vieira, L.N., Guerra, M.P., Klabunde, G.H.F., Scherer, R.F., Pescador, R., Nodari, R.O., 2020. Identification and characterization of SSR markers of *Guadua chacoensis* (Rojas) Londoño & P.M. Peterson and transferability to other bamboo species. *3 Biotech* 10: 273.
- Ruiz-Sanchez, E., García-Martínez, M.Á., Heredia Espinoza, V.Y. 2023. Bambúes nativos en la construcción de viviendas rurales: Bajareque en el México prehispánico y siglo XX. *Botanical Sciences* 101: 1088-1101.
- Ruiz-Sanchez, E., Anaya-Corona, M.D.C., Londoño, X. 2024. *Guadua guzmanii* (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae: Guaduinae): A new woody bamboo species endemic to Jalisco, Mexico. *Advances in Bamboo Science* 7: 100084.
- Ruiz-Sanchez, E., Tyrrell, C.D., Londoño, X., Oliveira, R.P., Clark, L.G., 2021. Diversity, distribution, and classification of Neotropical woody bamboos (Poaceae: Bambusoideae) in the 21st Century. *Botanical Sciences* 99: 198-228.
- Soderstrom, T.R., Young, S.M. 1983. A guide to collecting bamboos. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 70: 128-136.
- Thiers, B. 2024. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. Available from: <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/>
- SERFOR. 2021. Manual de manejo integral del bambú *Guadua angustifolia* Kunth. Experiencias en la región Amazonas. Lima, Perú, p. 100.
- SERFOR/INBAR. 2018. Manual técnico de la Caña de Guayaquil (*Guadua angustifolia*): Sistematización de experiencias en la región Piura, Lima. 76p.

- Soreng, R.J., Peterson, P.M., Romaschenko, K., Davidse, G., Teisher, J.K., Clark, L.G., Bárbera, P., Gillespie, L.J., Zuloaga, .FO. 2017. A worldwide phylogenetic classification of the Poaceae (Gramineae) II: An update and a comparison of two 2015 classifications. *Journal of Systematics and Evolution* 55: 259-290.
- Young, S.M., Judd, W.S. 1992. Systematics of the *Guadua angustifolia* complex (Poaceae: Bambusoideae). *Annals of the Missouri Botanical Garden* 79: 737-769.
- Zhou B-Z, Fu M-Y, Xie J-Z, Yang X-S, Li Z-C. 2005. Ecological functions of bamboo forest: research and application. *Journal of Forestry Research* 16: 143-147.

[www.inbar.int](http://www.inbar.int)  
[@INBAROfficial](https://www.instagram.com/INBAROfficial)