

# *Guadua angustifolia* en la Ecorregión Cafetera colombiana.

## 2. Cuantificación de carbohidratos libres presentes en extractos

Oscar Marino Mosquera Martínez<sup>1</sup>;  
Anyela Marcela Ríos Ríos<sup>1</sup>;  
Jaime Niño Osorio<sup>1</sup>

Para establecer las condiciones óptimas de utilización de la guadua en aplicaciones estructurales y/o industriales, se deben determinar sus propiedades físicas, mecánicas y químicas. Principalmente, se deben considerar los contenidos de almidón y carbohidratos libres, ya que estos influyen en la vida útil y la calidad del material, puesto que entre menor sea la concentración de carbohidratos en los culmos, menos susceptibles serán al ataque de hongos, bacterias e insectos.



Foto:

<sup>1</sup> Grupo de Biotecnología-Productos Naturales (GB-PN). Escuela de Tecnología Química. Facultad de Tecnología. Universidad Tecnológica de Pereira. AA 097. La Julita. Pereira, Colombia.  
Autor para correspondencia: omosquer@utp.edu.co

## Resumen

En este trabajo se evaluaron 101 muestras de culmos de *Guadua angustifolia* de diferentes edades y secciones del culmo, colectadas en tres zonas de la Ecorregión Cafetera de Colombia (Jardín Botánico de la Universidad Tecnológica de Pereira, fincas El Bambusal y Nápoles). Mediante cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC), se determinó el contenido de los carbohidratos arabinosa, fructosa, glucosa, sacarosa y xilosa presentes en extractos obtenidos aplicando las normas TAPPI 204 y 264 cm-07. La concentración de carbohidratos varió entre 0,0034 y 2,4748%; se estableció que las zonas de recolección, la edad y la sección del culmo incidieron en el contenido de carbohidratos. Los porcentajes más altos se obtuvieron en muestras de dos y tres años de edad, colectadas en el Jardín Botánico de la Universidad Tecnológica de Pereira, de tres años en Nápoles y de cinco años en El Bambusal. Los carbohidratos predominantes en las muestras del Jardín Botánico y El Bambusal fueron fructosa y glucosa y arabinosa en finca Nápoles. Se determinó que la edad propicia para la cosecha de *G. angustifolia* es a los 48 meses, cuando se tienen los contenidos más bajos de carbohidratos totales.

**Palabras claves:** *Guadua angustifolia*; bambúes; culmo; arabinosa; glucosa; fructosa; sacarosa; xilosa; carbohidratos; madurez; zona cafetera; Colombia

## Summary

***Guadua angustifolia* in the Colombian coffee eco-region. 2. Determination of free carbohydrates in extracts.** In this study, 101 *Guadua angustifolia* samples of different ages and culm sections were evaluated. Samples were collected in three sites from the Colombian coffee ecoregion: Botanical Garden of the Universidad Tecnológica de Pereira, Nápoles and Bambusal farms. By high performance liquid chromatography (HPLC), the contents of carbohydrates (arabinose, fructose, glucose, sucrose and xylose) were determined in extracts obtained using Tappi methods 204 and 264 cm-07. Carbohydrates concentration varied from 0.0034 to 2.4748%; it was established that collection site, age and culm section influence on the carbohydrate contents. The highest sugar percentages were obtained in samples aged two and three years collected at the Botanical Garden, three years in Nápoles, and five years in El Bambusal. Fructose and glucose were the most abundant carbohydrates in the samples collected in both the Botanical Garden and El Bambusal, and arabinose in Nápoles farm. The ideal age for harvesting *G. angustifolia* is at 48 months, when the species total carbohydrate contents are the lowest.

**Keywords:** *Guadua angustifolia*; bamboos; culms, carbohydrates; arabinose, glucose, fructose, sucrose, xylose; maturity; coffee zone; Colombia.

### Introducción

*Guadua angustifolia* Kunth es una de las especies más destacadas del género por su valor comercial como materia prima para la construcción de viviendas, balsas, puentes, elaboración de artesanías y la obtención de pulpa y papel (Perea et ál. 2003). La especie se distribuye ampliamente en las Cordilleras Central y Occidental de Colombia, princi-

palmente en los departamentos de Cundinamarca, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca, donde las condiciones climáticas y edáficas son muy favorables para su desarrollo.

Los principales constituyentes de la guadua son celulosa, hemicelulosa y lignina; además, posee extractos en proporciones bajas, constituidos por una serie de metabolitos primarios y secundarios como taninos, aceites,

grasas, resinas, ceras, gomas, almidones y carbohidratos. Los extractos no son componentes estructurales de la madera, pero influyen en los procesos de obtención y en la calidad de las pulpas celulósicas; pueden ser extraídos con agua caliente, alcohol u otros solventes y su concentración en metabolitos varía con la madurez, época de recolección y sección del culmo (Li 2004).

Los guaduales tienen efectos protectores sobre los suelos y las aguas de las microcuencas. Con su sistema radicular contribuyen a la conservación y recuperación de los suelos, puesto que lo estabilizan en las laderas y orillas de los ríos evitando la erosión y los derrumbes. La guadua produce gran cantidad de oxígeno y es una excelente fijadora del dióxido de carbono atmosférico. Por su capacidad de rebrote y de manejo sostenible, la especie ofrece gran potencial para la reforestación de las cuencas hidrográficas, lo cual implica el aprovechamiento y manejo racional del cultivo (Chiluita y Hernández 2009).

Sin embargo, en Colombia no se tiene una producción sostenida del recurso. Si bien existen unas pocas parcelas cultivadas, el aprovechamiento mayoritario se da en poblaciones naturales que crecen cerca de los ríos. Los culmos verdes o maduros se cortan de forma artesanal y empírica. Puesto que no se tiene conocimiento del estado de madurez óptimo para ser cosechada, en muchas ocasiones se cortan los culmos inmaduros lo que genera un producto de baja calidad y una pérdida innecesaria del material (Camargo 2006, Marín et ál. 2008).

Debido a la importancia de este tipo de material para la construcción y fabricación de muebles se desarrolló este trabajo con el objetivo de determinar el estado de madurez óptimo de la *G. angustifolia* Kunth y de esta forma inferir las condiciones más adecuadas al momento de realizar el corte de la guadua para optimizar su utilización y preservación. Los resultados de la investigación se presentan en dos partes, en este mismo número de la RRNA. En la primera parte se evaluaron los contenidos de lignina insoluble presente en culmos de *G. angustifolia* y su correlación con la madurez de los culmos; además, por espectroscopía infrarroja, se estableció la naturaleza de los grupos funcionales predominantes en la lignina insoluble. En esta segunda parte

se busca determinar el efecto de la madurez sobre el contenido de carbohidratos en guadua y su relación con las secciones del culmo, para así inferir las condiciones de corte más adecuadas.

## Materiales y métodos

### Obtención de extractos crudos

En la primera parte de este artículo, en este mismo número de la RRNA, se detallan los mecanismos de recolección del material vegetal. De cada muestra se tomaron 5 g de material vegetal seco y molido, los cuales fueron sometidos a extracción con acetona a 45°C por 6 horas (dos veces); posteriormente, se extrajo con agua a 80°C por 1 hora (dos veces) y con etanol a 60°C por 6 horas (dos veces). Este protocolo es una adaptación de las metodologías de las normas TAPPI 204 y 264 cm-07 (TAPPI 2007a y 2007b). Los extractos acuosos y etanólicos fueron concentrados a 50°C y almacenados a -10°C hasta su utilización para la cuantificación de carbohidratos por cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC). Cada extracción se realizó por duplicado en días diferentes. Para determinar la reproducibilidad del método, se seleccionaron 53 muestras de las cuales se analizaron, por HPLC analítico, los dos extractos acuosos y los dos etanólicos. De las 48 muestras restantes, solamente se analizaron los extractos obtenidos en una de las extracciones.

### Cuantificación de carbohidratos mediante HPLC

La cuantificación de carbohidratos en extractos de muestras de guadua se realizó en un cromatógrafo analítico 1100 Hewlett Packard (California, EE.UU.) con inyector manual Reodhyne, desgasificador, bomba cuaternaria, horno para la columna, *loop* de 20 µL y detector de índice de refracción (serie 1260 Infinity) a 35°C. Se utilizó una columna ultra amino (Restek, Pensilvania, EE.UU)

de 5 mm de tamaño de partícula de relleno y 150x4,6 mm d.i a 30°C, con el sistema acetonitrilo-agua (75:25) grado HPLC como fase móvil y un flujo de 1 mL/min (Chávez 2007, Norma chilena 2006). Los datos fueron procesados con el programa de adquisición de datos ChemStation (Versión B.04.03). De cada muestra analizada se inyectaron 20 µL con una microjeringa de 50 mL de capacidad (Hewlett Packard).

### Preparación de las muestras

De cada uno de los extractos acuosos y etanólicos secos obtenidos de las 101 muestras analizadas se prepararon soluciones a 10.000 mg/L disueltas en acetonitrilo-agua (1:1) grado HPLC; posteriormente se filtraron a través de una membrana de polivinildenedifloride (PVDF) de 0.2 µm (Millipore, Darmstadt, Alemania) y finalmente se inyectaron por triplicado en el cromatógrafo de HPLC.

### Curva de calibración de carbohidratos

Se preparó un patrón que contenía arabinosa, fructosa, glucosa, sacarosa y xilosa (marcas Sigma y Supelco (Missouri, EE.UU) a 5000 mg/L cada uno en agua desionizada, a partir del cual se obtuvieron soluciones a concentraciones de 25, 50, 100, 200, 400, 800, 1000, 1600, 2000 y 3000 mg/L. Las soluciones se filtraron con una membrana de PVDF de 0.2 µm (Millipore) y se inyectaron por triplicado en el equipo HPLC analítico. Las curvas de calibración se realizaron cada semana para verificar su linealidad y el tiempo de retención de los carbohidratos analizados, por medio del *software* del cromatógrafo líquido HP-1100 (ChemStation B.04.03). Tanto los patrones como los extractos obtenidos de las 101 muestras de guadua se analizaron bajo las condiciones cromatográficas descritas.

### Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados mediante los paquetes informáticos



SPPS versión 10 e InfoStat versión 2007.03. Se evaluó el Anova con prueba t a un 95% de confiabilidad.

## Resultados y discusión

### Obtención de extractos crudos

La extracción de 5 g de cada una de las 101 muestras de *G. angustifolia* produjo en promedio 237 mg de extractos acuosos (EA) y 35 mg de extractos etanólicos (EE), lo que corresponde al 4,74% de extractos en agua y 0,7% en etanol. Li (2004) obtuvo resultados similares con *Phyllostachys pubescens* (Poaceae).

Los mayores porcentajes de EA se presentaron en las secciones alta, media y baja<sup>2</sup> de la guadua principalmente a los 24 y 60 meses de edad; la sección baja-baja presentó la menor cantidad de extractos (Fig. 1A). En las secciones media y baja, el contenido de EA aumentó progresivamente hasta los 48 y 36 meses de edad, respectivamente. Con respecto a las zonas de recolección, los mayores contenidos de EA se presentaron a los 36 y 60 meses en las muestras colectadas en FB y FN, respectivamente. En general, los porcentajes más bajos de EA se encontraron en las muestras de 48 meses; en FN, las concentraciones

más bajas se observaron a los 12 meses (Fig. 1B). Estos resultados concuerdan con los reportados por Li (2004) para *Phyllostachys pubescens*: a los 12 meses, las secciones baja, media y alta mostraron contenidos similares a los de nuestro estudio; tales valores aumentaron gradualmente hasta los 48 meses con una variación de 4,89-7,43%.

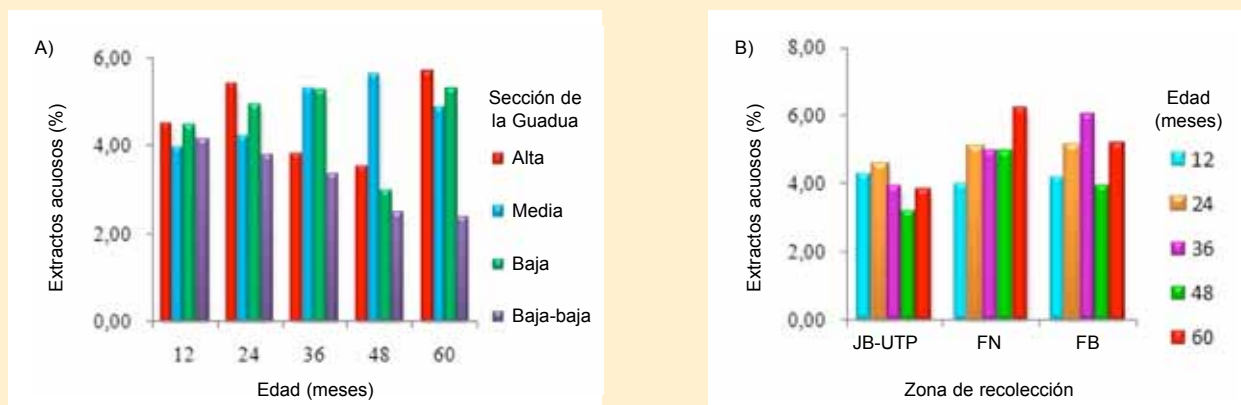
El contenido de EE disminuyó gradualmente con la edad (de 12 a 60 meses) en la sección baja-baja; en las secciones baja, media y alta, el contenido aumentó solo hasta los 24 meses, y el mayor porcentaje de EE se encontró en la sección baja (Fig. 2A). En las tres zonas de recolección se presentaron tendencias similares: los mayores contenidos de estos extractos se encontraron en muestras de 12 y 24 meses de edad. En contraste, los valores más bajos se obtuvieron a los 36 y 48 meses (Fig. 2B). Estos resultados concuerdan con lo reportado para los extractos de etanol-tolueno en *Phyllostachys pubescens*, cuyo valor aumentó con la edad desde la sección baja a la alta; ello permitió establecer una edad de corte óptima de 48 meses (Li et al. 2007).

Para determinar la reproducibilidad del método de extracción

empleado se cuantificaron los carbohidratos presentes en los EA y EE resultantes de las dos extracciones realizadas a 53 de las 101 muestras evaluadas; tales resultados se analizaron mediante prueba t a un 95% de confiabilidad por medio del software SPPS. La diferencia promedio entre el porcentaje de carbohidratos totales de ambas extracciones fue de 0.0068, lo que demuestra la reproducibilidad del método de extracción.

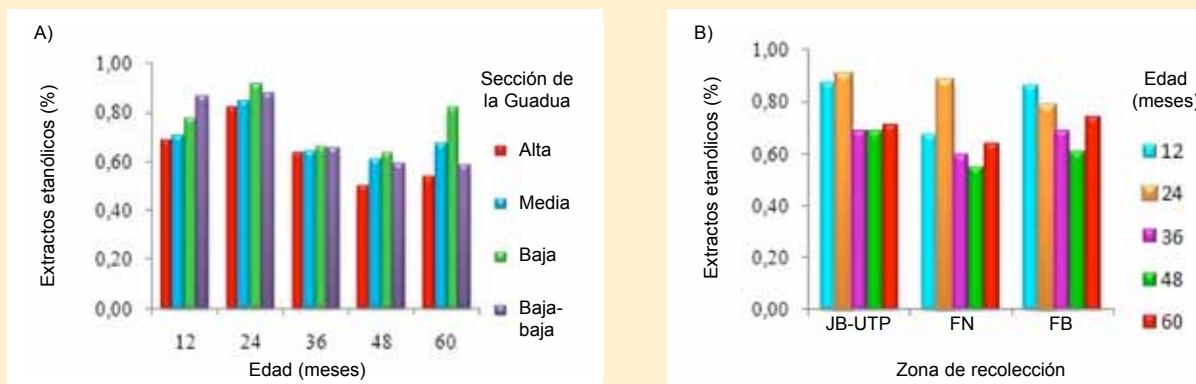
### Cuantificación de carbohidratos mediante cromatografía líquida de alta eficiencia

El método utilizado para cuantificar los carbohidratos de las muestras de guadua por HPLC presentó buena selectividad; no se detectaron señales producidas por el sistema de elución ni por la preparación de las muestras analizadas que interfirieran con el tiempo de retención de los carbohidratos cuantificados. La resolución fue mayor a 1,5 (Quattrocchi et al. 1992) y, con las condiciones cromatográficas empleadas, hubo buena separación de dichos carbohidratos en las muestras. La precisión y reproducibilidad del método fueron evaluadas a nivel de repetibilidad en el mismo día y por semana, al realizar la curva de



**Figura 1.** Contenido de extractos acuosos en *G. angustifolia*: A) por sección y edad; B) por edad y zona de recolección: JB-UTP (Jardín Botánico de la Universidad Tecnológica de Pereira), FN (Finca Nápoles), FB (Finca El Bambusal)

<sup>2</sup> Ver secciones de un culmo en Fig. 1, en la primera parte de este artículo.



**Figura 2.** Contenido de extractos etanólicos en *G. angustifolia*: A) por sección y edad, B) por edad y zona de recolección: JB-UTP (Jardín Botánico de la Universidad Tecnológica de Pereira), FN (Finca Nápoles), FB (Finca El Bambusal)

calibración. Los tiempos de retención mostraron una variación menor al 4% (margen de variación establecido en el método) para la arabinosa, fructosa, glucosa, sacarosa y xilosa -valores promedio de 6,068, 5,485, 6,273, 8,645 y 4,609 minutos, respectivamente-. Las curvas de calibración empleadas para la cuantificación de carbohidratos presentaron buena linealidad con un coeficiente de correlación ( $r^2$ ) promedio de 0,9987.

La reproducibilidad en la cuantificación fue buena. En esta evaluación se usaron muestras del individuo 9 del JB-UTP a los 36 meses de edad; al determinar la desviación estándar y el coeficiente de variación del contenido de carbohidratos calculado para las tres inyecciones de extractos acuosos y etanólicos de cada muestra se obtuvieron valores bajos (Cuadro 1). En la Fig. 3 se presentan las curvas de calibración empleadas durante este análisis y el cromatograma de

dicho individuo. Los extractos acuosos presentaron mayor contenido de carbohidratos que los etanólicos (datos no mostrados). En el Cuadro 2 se presenta el porcentaje de carbohidratos totales obtenidos por secciones en las muestras colectadas en el JB-UTP y la FN.

En general, el porcentaje de carbohidratos totales varió entre 0,0034 y 2,4748%, encontrando que en las secciones media y alta de *G. angustifolia* dicho porcentaje aumentó progresivamente con la edad y alcanzó el nivel máximo a los 36 meses, en tanto que en la sección baja-baja el mayor contenido de carbohidratos se presentó a los 60, 24 y 12 meses (Fig. 4A). En la sección alta fue donde se reportaron los menores contenidos de carbohidratos. Las muestras colectadas en el JB-UTP presentaron las concentraciones más altas de carbohidratos totales, seguidas por la FB. En general, los contenidos más bajos

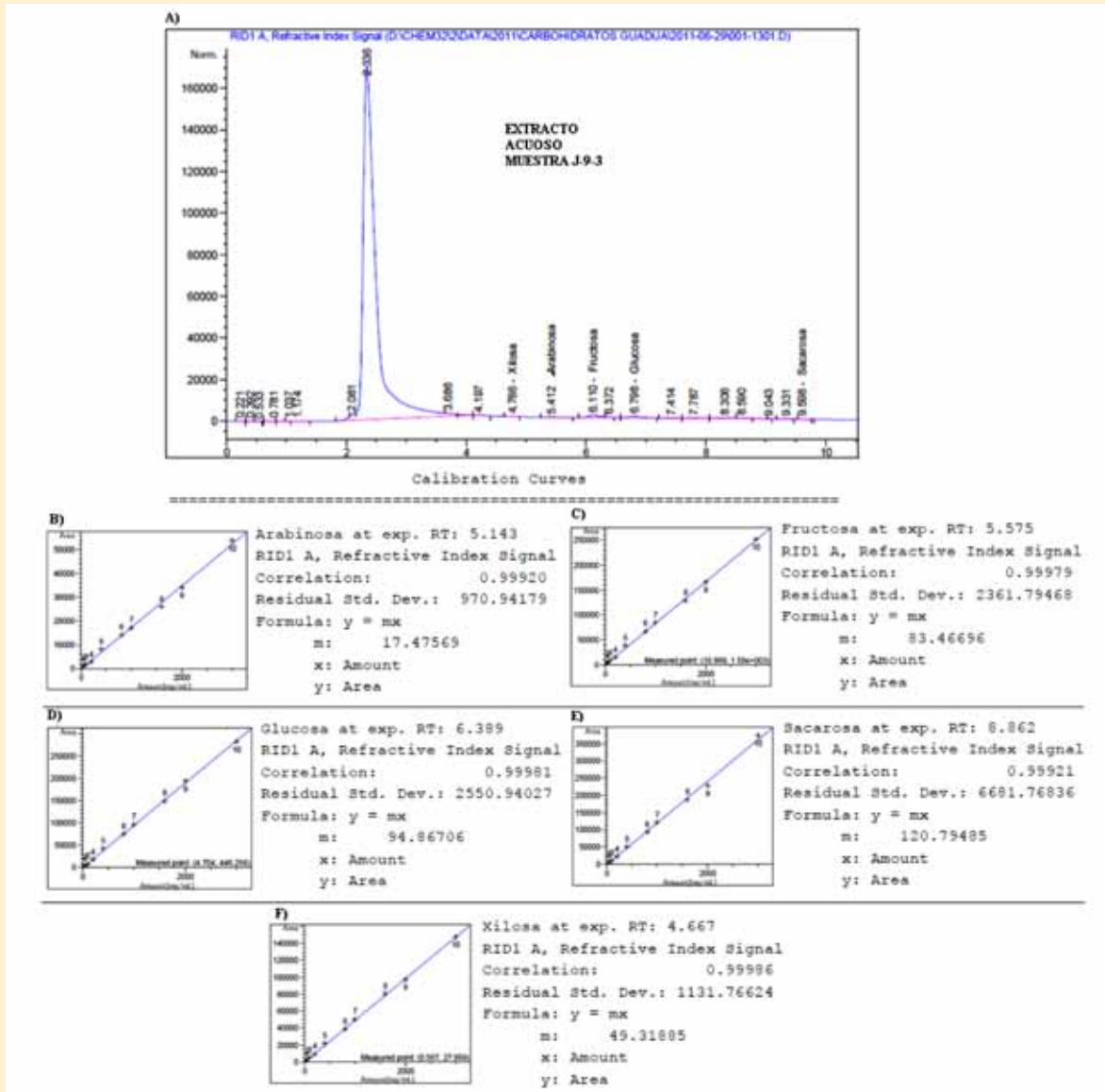
de carbohidratos se registraron a los 48 meses (0,21%), como se evidencia en la Fig. 4B.

Estos resultados son similares a los reportados para *Bambusa blumeana*, *B. vulgaris* y *Gigantochloa scortechinii*, cuyo comportamiento con respecto al contenido de carbohidratos varió con la secciones y edades evaluadas. Por ejemplo, en *G. scortechinii* el porcentaje más alto se presentó en la sección alta a los 24 meses (5,60%), mientras que en *B. blumeana* y *B. vulgaris* los valores más altos se mostraron en la sección media a los 36 meses (5,36 y 3,53%, respectivamente). Adicionalmente, en estas tres especies se encontró mayor cantidad de sacarosa, fructosa y glucosa (Abd. Latif et ál. 1991).

De acuerdo con Abd. Latif et ál. (1991), para establecer las condiciones óptimas de utilización de la guadua en aplicaciones estructurales y/o industriales, se deben determinar sus propiedades físicas, mecánicas y químicas. Principalmente, se deben considerar los contenidos de almidón y carbohidratos libres, ya que estos influyen en la vida útil y la calidad del material, puesto que entre menor sea la concentración de carbohidratos en los culmos, menos susceptibles serán al ataque de hongos, bacterias e insectos. Según estos autores, un contenido de carbohi-

**Cuadro 1.** Concentración de fructosa en las tres inyecciones realizadas de los extractos acuoso y etanólico de la muestra J-9-3.

Parámetro	Concentración de fructosa (ppm)	
	Extracto acuoso	Extracto etanólico
Inyección N°1	207,33	76,48
Inyección N°2	206,42	75,90
Inyección N°3	194,07	72,69
Promedio	202,60	75,02
Desv. estándar	7,40	2,04
Coef. de variación	3,66	2,72



**Figura 3.** A) Cromatograma del individuo 9 del JB-UTP a los 36 meses de edad. Curvas de calibración de: B) arabinosa; C) fructosa; D) glucosa; E) sacarosa y F) xilosa.

dratos libres por debajo de 0,6% da mayor resistencia a la degradación, con lo que mejora la calidad. Es evidente, entonces, que las muestras analizadas de *G. angustifolia* son altamente resistentes a la degradación por agentes biológicos, pues su contenido de carbohidratos libres es menor a 0,6%, excepto las muestras del JB-UTP de 24 y 36 meses, cuyos contenidos promedio fueron 0,69 y 0,66% respectivamente. Si la recolección se realiza a los 48

meses de edad, todas las secciones de la guadua presentarían buena calidad y resistencia. Esto confirma lo establecido por Burgos (2003), quien consideró que para mejorar la calidad y resistencia del bambú al deterioro biológico, se debe cosechar cuando los contenidos de los carbohidratos sean los más bajos posibles.

En las muestras de *G. angustifolia* evaluadas se encontró una mayor abundancia de fructosa y glucosa en las muestras del JB-UTP, arabinosa

en FN y fructosa en FB (Cuadro 3); la mayor concentración de arabinosa, fructosa, glucosa, sacarosa y xilosa se encontró en las muestras de 24 a 36 meses de edad (Fig. 5A). Los contenidos de xilosa y arabinosa fueron similares entre sitios y entre edades (Fig. 5B).

Morales (2002) encontró que el contenido de carbohidratos varía con el biotipo de *G. angustifolia* evaluado. Además, determinó que existe una relación entre la humedad

**Cuadro 2.** Porcentaje de carbohidratos en las muestras del JB-UTP y FN, por secciones de la guadua.

Zona de recolección	Edad / meses	Sección del culmo	CT (%)	Sección del culmo	CT (%)			
Jardín Botánico de la Universidad Tecnológica de Pereira	12	Baja-baja	0,1101	Media	0,1481			
	24		0,1529		0,3985			
	36		0,2805		0,3991			
	48		0,0840		0,2296			
	60		0,1774		0,2396			
	12		Baja		0,1437	Alta	0,1246	
24	0,2300	0,1576						
36	0,8381	0,5128						
48	0,1119	0,0582						
60	1,0356	0,1769						
Finca Nápoles	12	Baja-baja		No evaluada	Media		0,0544	
	24		0,0892					
	36		0,5336					
	48		0,1964					
	60		0,1021					
	12		Baja			Alta	0,0254	0,0034
	24						0,0081	0,0190
	36						0,2134	0,0589
	48						0,0920	0,0183
	60						0,0377	0,0740

CT: Carbohidratos totales (sumatoria del porcentaje de carbohidratos presentes en los extractos acuoso y etanólico de cada muestra)

**Cuadro 3.** Porcentaje de carbohidratos en las muestras de *Guadua angustifolia* evaluadas

Zona de recolección	Edad (meses)	Porcentaje de carbohidratos en la muestra (%)					CT (%)
		A	F	G	S	X	
Jardín Botánico de la Universidad Tecnológica de Pereira	12	0,0075	0,2340	0,1596	0,0083	0,0230	0,4325
	24	0,1191	0,2238	0,4576	0,0181	0,0326	0,8512
	36	0,0374	0,2923	0,1973	0,0888	0,0444	0,6602
	48	0,0216	0,1697	0,1336	0,0051	0,0055	0,3356
	60	0,0900	0,2740	0,1790	0,0172	0,0206	0,5807
Finca Nápoles	12	0,0051	0,0014	0,0016	0,0093	0,0017	0,0277
	24	0,0175	0,0062	0,0034	0,0038	0,0079	0,0388
	36	0,1626	0,0117	0,0639	0,0059	0,0246	0,2687
	48	0,0197	0,0043	0,0728	0,0024	0,0031	0,1022
	60	0,0277	0,0036	0,0311	0,0030	0,0060	0,0713
Finca El Bambusal	12	0,0371	0,0053	0,0628	0,0016	0,0156	0,1223
	24	0,0320	0,0239	0,0224	0,0131	0,0113	0,1025
	36	0,0199	0,1683	0,0078	0,0072	0,0052	0,2084
	48	0,0338	0,0338	0,0062	0,0000	0,0043	0,0781
	60	0,0231	0,1386	0,1313	0,0111	0,0555	0,3595

A: arabinosa; F: fructosa; G: glucosa; S: sacarosa; X: xilosa; CT: carbohidratos totales.

del suelo y el contenido de carbohidratos totales –la concentración de carbohidratos es menor en períodos secos-. Por lo tanto, es posible que el bajo contenido de carbohidratos

encontrado en las muestras de FN se deba a la menor humedad del suelo en esta zona.

Los carbohidratos no estructurales funcionan como señales

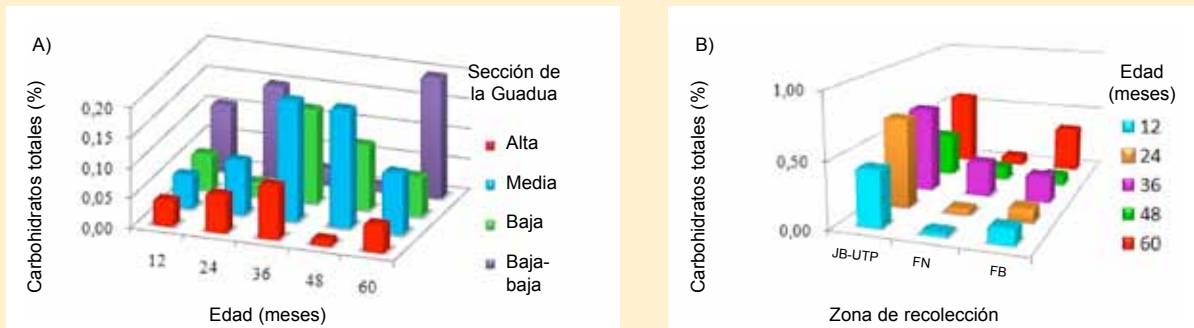
metabólicas y moléculas reguladoras que permiten el almacenamiento y transporte de carbono durante el período de crecimiento (hasta 24 o 36 meses de edad) de diferentes especies de bambú. Por eso, la planta requiere niveles altos de producción durante dicho período, especialmente de sacarosa y los productos de su hidrólisis, fructosa y glucosa (Roitsch y González 2004). Por ejemplo, en *Sasa palmata*, la sacarosa, fructosa y glucosa constituyen la mayor cantidad de carbohidratos solubles cuando esta especie está en período de maduración (12 a 24 meses) y se reportan concentraciones bajas de sacarosa, debido a que esta es hidrolizada por invertasas presentes en el apoplasto, el citoplasma y la vacuola de la célula vegetal para asimilar fácilmente el carbono, con lo que aumenta la concentración de fructosa y glucosa (Magel et ál. 2006). La Fig. 6B evidencia un comportamiento similar en *G. angustifolia*.

## Conclusiones

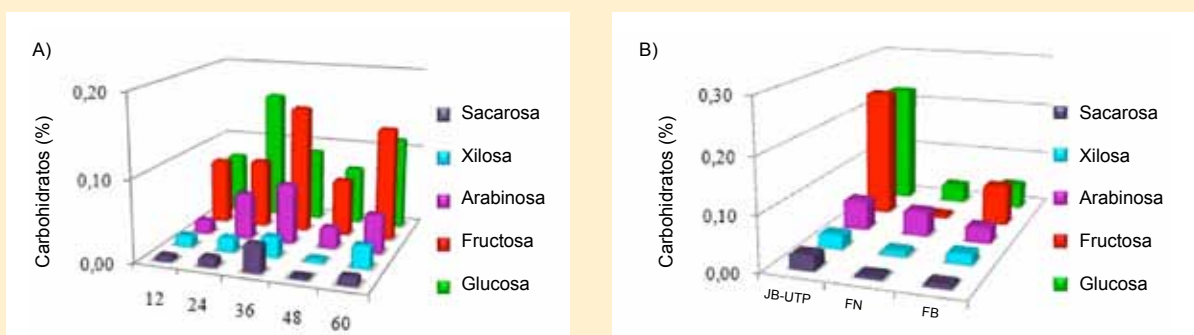
La edad de corte apropiada para *G. angustifolia* Kunth se encuentra entre los 48 – 60 meses, si se la quiere emplear como materia prima para construcción y elaboración de artesanías. Sin embargo, la edad óptima es a los 48 meses, cuando el contenido de extractos acuosos (3,81%) y etanólicos (0,63%) es menor, así como los carbohidratos totales (0,21%). Bajo estas condiciones, la resistencia del material a los ataques de agentes biológicos es mayor. 🌱

## Agradecimiento

Los autores expresan agradecimiento a COLCIENCIAS (Proyecto Código 1110452-21121; Contrato 442-1-2008) y a la Universidad Tecnológica de Pereira por el financiamiento parcial del proyecto. Agradecemos también a los propietarios de las fincas Nápoles y El Bambusal por conceder el permiso de recolección de los materiales vegetales.



**Figura 4.** Contenido de carbohidratos totales en *G. angustifolia*: A) por sección y edad; B) por edad y zona de recolección: JB-UTP (Jardín Botánico de la Universidad Tecnológica de Pereira), FN (Finca Nápoles), FB (Finca El Bambusal)



**Figura 5.** Porcentaje de los carbohidratos individuales caracterizados en *G. angustifolia*: A) por zona de recolección; B) por edad

## Literatura citada

- Abd. Latif, AM; Khoo, KC; Nor, AM. 1991. Carbohydrates in some natural stand of Bamboos. *Journal of Tropical Forest Science* 4: 310-316.
- Burgos, A. 2003. Revisión de las técnicas de preservación del bambú. *Revista Forestal Latinoamericana* 33: 11-20.
- Camargo, JC. 2006. Growth and productivity of the bamboo species *Guadua angustifolia* Kunth in the Coffee Region of Colombia. Ph.D Tesis. Göttingen, Deutschland, Göttingen Universität. 205 p.
- Chávez, JL. 2007. Estudios de estabilidad en preparados de base láctea suplementados con diferentes fuentes de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga. Tesis Doctoral. Barcelona, España, Facultad de Farmacia, Universidad de Barcelona. 352 p.
- Chiluiza, CI; Hernández, JP. 2009. Elaboración de papel artesanal de caña guadua (*Guadua angustifolia* K). Tesis de Pregrado. Quito, Ecuador, Escuela Politécnica Nacional. 186 p.
- Li, X. 2004. Physical, chemical, and mechanical properties of bamboo and its utilization potential for fiberboard manufacturing. Tesis de Maestría. Luisiana, Estados Unidos, Universidad Estatal de Luisiana. 76 p.
- Li, XB; Shupe, TF; Peter, GF; Hse, CY; Eberhardt, TL. 2007. Chemical changes with maturation of the Bamboo species *Phyllostachys pubescens*. *Journal of Tropical Forest Science* 19: 6-12.
- Magel, E; Kruse, S; Lütje, G; Liese, W. 2006. Soluble carbohydrates and acid invertases involved in the rapid growth of developing culms in *Sasa palmata* (Bean) Camus. *The Journal of the American Bamboo Society* 19: 23- 29.
- Marín, D; Guédez, Y; Márquez, L. 2008. Las plantaciones de guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) y bambú (*Bambusa vulgaris* Wendland) de San Javier, estado Yaracuy, Venezuela. I. Aspectos climáticos y caída de hojarasca. *Revista de la Facultad de Agronomía (Universidad del Zulia)* No. 25: 261-285.
- Morales, T. 2002. Ensayo preliminar de contenido de azúcar en la guadua; técnicas naturales de preservación. [Seminario – Taller Avances en la investigación sobre guadua, Pereira, Col. 16, 17 y 18 de mayo]. 8 p.
- Norma Chilena. 2006. NCh574-2006: Miel de abejas – Determinación del contenido de fructosa, glucosa, sacarosa, turanosa y maltosa – Método HPLC con detector IR. 12 p.
- Perea, JJ; Vellegas, JP; Cerquera, Y; Cortés, MP. 2003. Evaluación y documentación de prácticas sobresalientes sobre el manejo de la cosecha y maduración de la guadua en el departamento del Huila. Neiva, Colombia, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria. 122 p.
- Quattrocchi, OA; Abelaira, SL; Laba, RE. 1992. Introducción a la HPLC, aplicación y práctica. Buenos Aires, Argentina, Editorial Artes Gráficas S.A. p. 306-340.
- Roitsch, T; González, MC. 2004. Function and regulation of plant invertases: sweet sensations. *Trends in Plant Science* No. 9: 605-613.
- TAPPI (Leading Technical Association for the Pulp, Paper, and converting Industry). 2007a. T 204 cm-07. Solvent extractives of wood and pulp. 4 p.
- TAPPI (Leading Technical Association for the Pulp, Paper, and converting Industry). 2007b. T 264 cm-07. Preparation of wood for chemical analysis. 4 p.