

# USO DE AGUA RESIDUAL SEDIMENTADA PARA RIEGO DE BAMBÚ

Ernesto Moscoso<sup>1</sup>

## RESUMEN

De febrero a abril de 2011, en la planta de tratamiento de aguas residuales Aurora II, zona 13 de la Ciudad de Guatemala, se evaluó el efecto que el riego con aguas residuales sedimentadas, tiene en el crecimiento y desarrollo de tres diferentes especies de bambú (*Gigantochloaspera*, *Guadua angustifolia* y *Phyllostachys aurea*). Concluida la fase experimental, se colectó información sobre 8 características morfométricas de las especies evaluadas para que, con el análisis de varianza (ANDEVA) y la prueba múltiple de medias con el comparador de Tukey, se pudiera establecer si había diferencias significativas entre las plantas regadas con agua residual y las regadas con agua potable, tratamiento que se utilizó como testigo. Como pudo comprobarse con los datos estadísticos y el análisis cualitativo, los mejores resultados en crecimiento y desarrollo, se obtuvieron en las plantas regadas con agua proveniente del sedimentador primario, lo cual se verificó con los resultados sobre concentración de nutrientes efectuados en el laboratorio de suelos y agua de la Facultad de Agronomía de la USAC.

## PALABRAS CLAVE

Aguas residuales, análisis de agua, características de aguas residuales, sedimentador primario, planta de tratamiento de aguas, nutrientes, gramíneas, bambú (*Gigantochloaspera*, *Guadua angustifolia*, *Phyllostachys aurea*).

## ABSTRACT

From February to April 2011, at the wastewater treatment plant Aurora II, Zone 13 in Guatemala City, it was evaluated the effect of irrigation with primary sedimentation wastewater on growth and development of three different species of bamboo (*Gigantochloaspera*, *Guaduaangustifolia* and *Phyllostachysaurea*). After the experimental phase, information was collected on 8 morphometric characteristics of the species assessed so that, with the analysis of variance (ANOVA) and multiple testing of means with Tukey comparison, it could establish whether there were significant differences between the plants watered with residual water and irrigated with potable water treatment, which was used as control. As was seen with statistical and qualitative analysis, the best results in growth and development were obtained in the plants irrigated with water from the primary clarifier, which was verified with the results made on nutrient concentrations in the laboratory of Soil and Water from the Faculty of Agronomy of the USAC.

## INTRODUCCIÓN

En Guatemala, el agua residual generada por el uso doméstico, comercial e industrial, en el mejor de los casos recibe escaso, o bien, ningún tipo de tratamiento previo a su descarga en los cuerpos de agua receptores, por lo que la contaminación ambiental que se produce, se convierte en un problema cada vez más serio para las instituciones encargadas de velar por la calidad de vida de la población. Es por ello que se necesita la implementación de métodos alternativos al tratamiento de las aguas residuales, efectivos y de bajo costo, por lo que su reutilización en el riego de especies no comestibles y de alto valor económico como el bambú, puede convertirse en una opción viable por la creciente demanda que éste cultivo tiene en el país.

El motivo del presente artículo, fue analizar el crecimiento y desarrollo de las especies de bambú *Gigantochloaspera*, *Guadua angustifolia* y *Phyllostachys aurea*, cuando se encuentran bajo condiciones de riego con agua residual sedimentada, considerando que son las de mayor adaptabilidad a los diferentes climas del país y que el establecimiento de plantaciones de estas especies, bajo las condiciones de riego mencionadas, puede convertirse en una opción viable para las municipalidades que hasta el momento, no pueden aplicar un tratamiento a las aguas residuales y que por lo tanto, se descargan crudas a los diferentes cuerpos receptores.

## METODOLOGÍA

La fase experimental se llevó a cabo en la Planta Piloto de Tratamiento de Aguas Residuales de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos -ERIS-, ubicada en la colonia militar Aurora II, zona 13, ciudad de Guatemala.

- El diseño experimental utilizado fue el de "Bloques al azar" con arreglo bi-factorial combinatorio para reducir el efecto del gradiente de la luz solar y usando las mismas condiciones de sustrato.

- Las especies de bambú se adquirieron en el Centro de Innovación Tecnológica del Sur – CISUR, Masagua, Escuintla ya que fueron producidas bajo un estricto manejo fitosanitario lo que en cierta medida garantizó para el proyecto, el uso de especímenes sanos

- La unidad experimental se estableció colocando en canastas plásticas, dos plantas de cada una de las tres especies para inhibir su interacción.

- Los métodos de riego evaluados fueron: Riego de la unidad experimental correspondiente con 2.5 galones de agua residual sedimentada y como testigo el riego de la

unidad experimental correspondiente con 2.5 galones de agua potable, ambos aplicándose tres veces por semana. No se utilizó ningún tipo de fertilizante.

- Transcurridos tres meses, se midieron las siguientes variables morfológicas para sus análisis estadísticos usando la herramienta InfoSTAT: Número de hijos, longitud del tallo, número de nudos, longitud de entrenudos, número de ramas, número de hojas, longitud y ancho de las hojas.

- El análisis químico y físico del agua se realizó en el laboratorio de Suelo y Agua de la Facultad de Agronomía, mientras que el análisis microbiológico se efectuó en el laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria de la Facultad de Ingeniería, ambos en la Universidad de San Carlos de Guatemala.

- El análisis microbiológico del agua se efectuó utilizando la técnica de tubos múltiples de fermentación, mientras el sustrato se analizó utilizando la prueba Quanti-tray IDEXX.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinó que el agua a la salida del sedimentador primario tiene 46,15 mg/l de nitrógeno, 4,91 mg/l de fósforo, 0,40 mg/l de potasio y 0,31 mg/l de boro.

Cuadro 1: Resultados del análisis químico del agua para riego

Muestra de agua	pH	CE $\mu$ S/cm	Ca Meq/l
Salida sedimentador	6.8	852.0	1.8
Potable	7.4	366.0	1.4
Muestra de agua	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)
Salida sedimentador	1.29	5.02	0.40
Potable	1.07	1.07	0.09
Muestra de agua	N (mg/l)	P (mg/l)	B (mg/l)
Salida sedimentador	46.15	4.91	0.31
Potable	0.00	0.00	0.00
Muestra de agua	RAS	Clase	
Salida sedimentador	4.05	C3S1	
Potable	0.96	C2S1	

RAS = Relación de absorción de sodio

Según la clasificación de FAO-UNESCO

C2: Mediana salinidad

C3: Alta salinidad

S1: Baja sodicidad

Fuente: Elaboración propia

La concentración de coliformes totales y fecales encontrada en el agua a la salida del sedimentador primario es de  $1.6 \times 10^9$  lo que se considera como alto, sin embargo, puede utilizarse para el riego de las tres especies de bambú ya que no se cultivan para su consumo humano como alimento.

Cuadro 2: Resultados del análisis físico y microbiológico del agua para riego

Muestra de agua	SST mg/l	CT	CF
Salida sedimentador	285.0	$> 1.6 \times 10^9$	$> 1.6 \times 10^9$
Potable	0.0	0.0	0.0

SST: Sólidos suspendidos totales  
 CT: Coliformes totales  
 CF: Coliformes fecales  
 CT y CF expresado en NMP/100 ml

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3: Resumen sobre el valor de significancia real "p-valor", para todas las variables analizadas.

Agua para riego	Nhijos	Ltallo	Nnudos	Lenudos
Residual	21.81	14,505.79	281.57	63.04
Potable	5.43	11,857.03	138.77	106.09
Agua para riego	Nramas	Nhojas	Lhojas	Ahojas
Residual	821.97	312.23	78.50	4.97
Potable	591.95	118.59	50.13	1.80
Especie de bambú	Nhijos	Ltallo	Nnudos	Lenudos
Guadua angustifolia	1.37	23155.71	139.95	171.61
Phyllostachys aurea	36.00	5674.61	156.25	63.20
Gigantochloa aspera	11.09	13572.25	342.25	39.94
Especie de bambú	Nramas	Nhojas	Lhojas	Ahojas
Guadua angustifolia	1156.00	40.07	157.00	7.67
Phyllostachys aurea	205.35	77.97	26.73	1.88
Gigantochloa aspera	971.57	765.63	38.44	1.51

Fuente: Elaboración propia

Al hacer el análisis correspondiente, observamos que el "Factor A" - tipo de agua utilizada para riego, manifiesta diferencias significativas en las variables "Número de nudos" (Nnudos), "Longitud de entrenudos" (Lnudos), "Número de ramas" (Nramas) y las tres variables relacionadas con las hojas en la planta, es decir, "Número de hojas" (Nhojas), "Longitud de las hojas" (Lhojas) y "Ancho de las hojas" (Ahojas), puesto que en todos los casos "p-valor" o valor de significancia real es menor a 0.05 establecido en el modelo.

En cuanto al "Factor B", es decir, las especies de bambú utilizadas, todos los valores de significancia real obtenidos son inferiores a 0.05 y por lo tanto existen diferencias significativas en la respuesta de cada una de las especies, lo que pudo categorizarse posteriormente con el análisis de medias de Tukey efectuado.

Cuadro 4: Comparación de los valores obtenidos en la prueba de medias de Tukey, para ambos factores evaluados.

Agua para riego	Nhijos	Ltallo	Nnudos	Lenudos
Residual	21.81	14,505.79	281.57	63.04
Potable	5.43	11,857.03	138.77	106.09
Agua para riego	Nramas	Nhojas	Lhojas	Ahojas
Residual	821.97	312.23	78.50	4.97
Potable	591.95	118.59	50.13	1.80
Especie de bambú	Nhijos	Ltallo	Nnudos	Lenudos
Guadua angustifolia	1.37	23155.71	139.95	171.61
Phyllostachys aurea	36.00	5674.61	156.25	63.20
Gigantochloa aspera	11.09	13572.25	342.25	39.94
Especie de bambú	Nramas	Nhojas	Lhojas	Ahojas
Guadua angustifolia	1156.00	40.07	157.00	7.67
Phyllostachys aurea	205.35	77.97	26.73	1.88
Gigantochloa aspera	971.57	765.63	38.44	1.51

Fuente: Elaboración propia.

Al observar los valores de medias obtenidos para ambos tratamientos en el Cuadro 4, se pudo determinar que, con excepción de la longitud de los entrenudos, el resto de variables muestra un valor de media más alto para el tratamiento “Riego con agua residual”, lo que gráficamente aparece en las tres siguientes figuras.

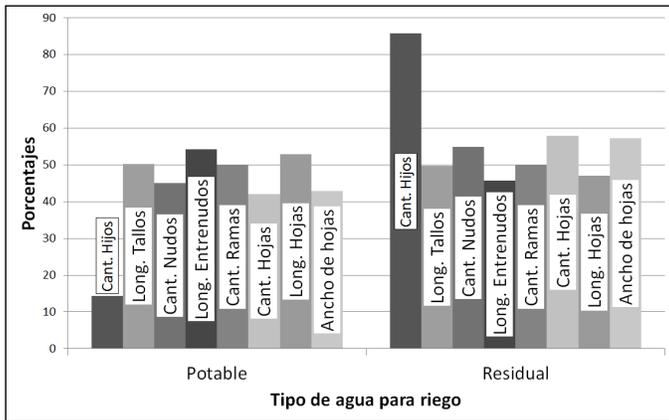


Figura 1: Resumen de las 8 variables, especie Gigantochloa aspera.

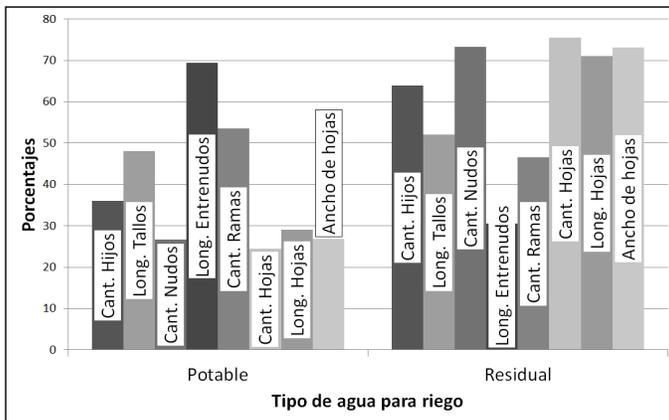


Figura 2: Resumen de las 8 variables, especie Guadua angustifolia.

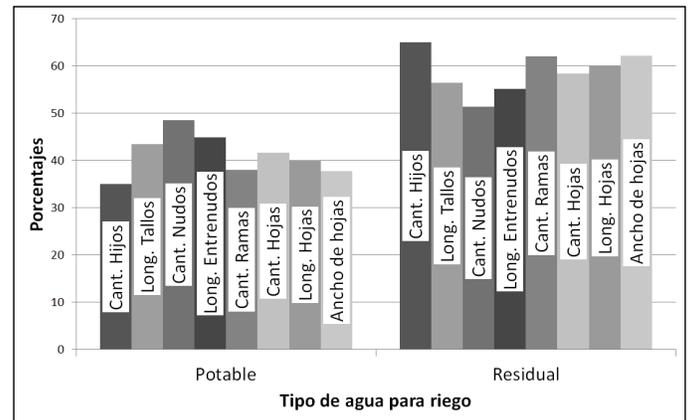


Figura 3: Resumen de las 8 variables, especie Phyllostachys aurea.

La observación y análisis de los valores de medias para el factor “Especie de bambú”, no muestra la superioridad de ninguna de las tres con respecto a las otras, esto se debe a que cada una de las especies evaluadas, posee características botánicas diferentes.

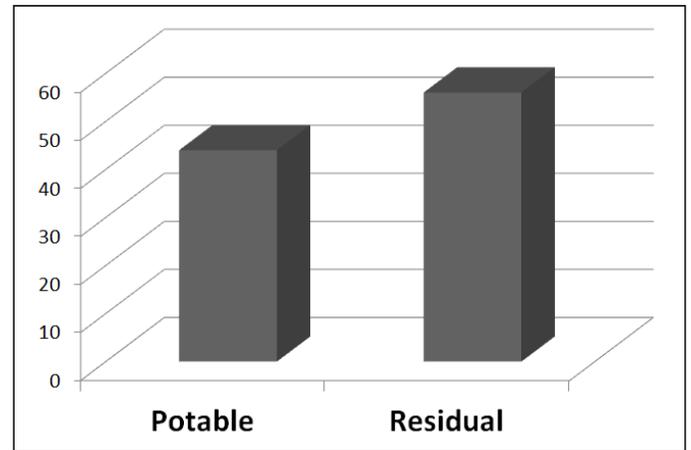


Figura 4: Rendimiento promedio de la especie Gigantochloa aspera.

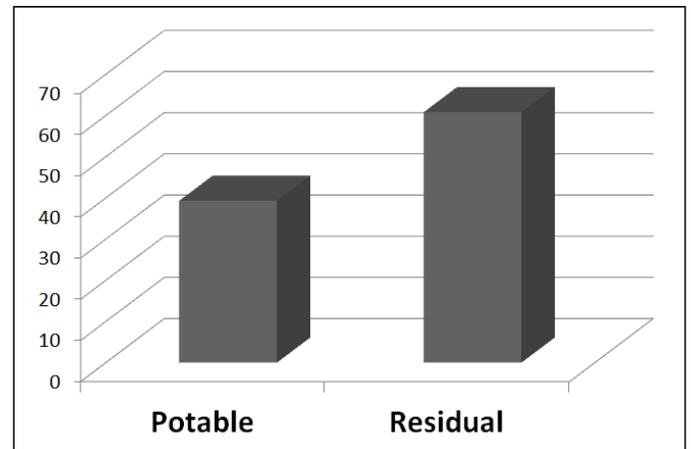


Figura 5: Rendimiento promedio de la especie Guadua angustifolia.

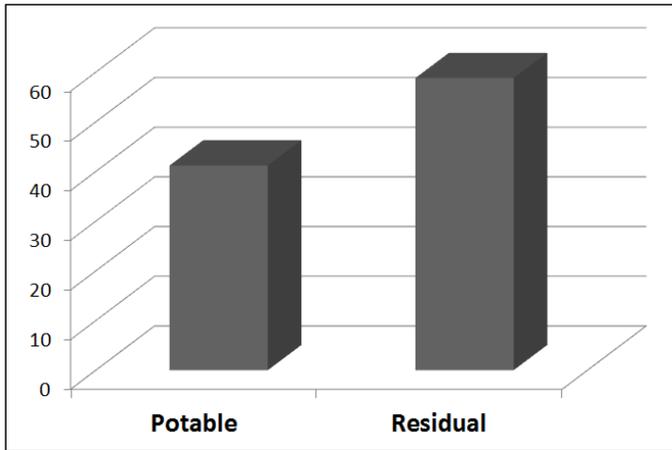


Figura 6: Rendimiento promedio de la especie *Phyllostachys aurea*.

En las tres figuras anteriores (4, 5 y 6) puede observarse claramente que todas las plantas de las tres especies de bambú regadas con agua residual, tuvieron un mejor rendimiento en términos generales que aquellas regadas con agua potable.



Figura 7: Plantas al inicio de la fase experimental.

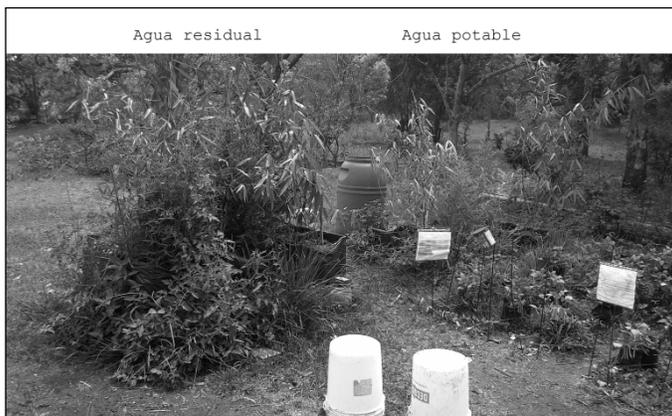


Figura 8: Plantas al final de la fase experimental.



Figura 9: Plantas de *Gigantochloaaspera* al final del experimento.



Figura 10: Plantas de *Guadua angustifolia* al final del experimento.



Figura 11: Plantas de *Phyllostachys aurea* al final del experimento.

## CONCLUSIONES

- El uso de agua residual con tratamiento primario de sedimentación, favorece el crecimiento y desarrollo de plantas de bambú de las especies *Gigantochloaaspera*, *Guadua angustifolia* y *Phyllostachys aurea*.
- El proceso metodológico para el riego de las tres especies de bambú evaluadas, considera como adecuada la aplicación de 10 litros de agua residual a 30 litros de sustrato con retención del 65% de humedad, para el desarrollo de dos individuos durante un período máximo de 6 meses.
- El agua residual a la salida del sedimentador primario, contiene 46,15 mg/l de nitrógeno, 4,91 mg/l de fósforo, 0,40 mg/l de potasio y 0,31 mg/l de boro lo cual favorece el crecimiento y desarrollo de las tres especies de bambúes evaluados.
- Las plantas de las tres especies de bambú evaluadas mostraron adaptabilidad a las condiciones de riego con agua residual sedimentada, exhibiendo mayor desarrollo a nivel vegetativo en comparación con las plantas regadas con agua potable.

## BIBLIOGRAFÍA

INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES, Tratamiento, vertido y reutilización. McGraw-Hill/Interamericana De España, S.A.U.VV., 1508 páginas.

USDA, SERVICIO DE CONSERVACIÓN DE SUELOS, Departamento de Agricultura, Sistemas de Riego, USA, 1972, p 14,22.

ZIPCODEZOO.COM. BASE DE DATOS INTERNACIONAL, con descriptores taxonómicos sobre animales y plantas. Disponible en <http://www.zipcode.com>