

Crecimiento de *Racosperma mangium* Willd en fase de vivero irrigada con aguas residuales

A. Rodríguez-Petit¹, T. Clavero², R. Razz², C. Cárdenas³

¹Universidad Nacional Experimental Sur del Lago (UNESUR).

²Facultad de Agronomía, LUZ.

³Centro de Investigaciones del Agua, LUZ.

Resumen

Con el objetivo de evaluar el crecimiento de *Racosperma mangium* Willd regada con aguas residuales durante la fase de vivero, se realizó un experimento en las instalaciones del Centro de Investigaciones del Agua de la Universidad del Zulia. Los tratamientos aplicados fueron 5 niveles de agua residual en el agua de riego (0, 25, 50, 75 y 100%). Los tratamientos fueron aplicados diariamente y se midió semanalmente de forma destructiva la longitud de la parte aérea (LPA) y radical (LPR), peso seco de la parte aérea (PSA) y radical (PSR), número de hojas (NH) y el área foliar total (AF) durante la fase de vivero (12 semanas después de la germinación). Se obtuvo una respuesta altamente significativa ($P < 0,01$) de los tratamientos de agua residual sobre el comportamiento de las variables evaluadas excepto para LPR. Los mayores valores para LPA (29,28 cm), PSA y PSR (5,16 y 3,00 gr, respectivamente), NH y AF (17,77 y 325,43 cm², respectivamente) se obtuvieron con el tratamiento de 100% agua residual. Se concluye que el uso de aguas residuales afecta favorablemente el desarrollo de *R. mangium* en condiciones de vivero.

Palabras clave: *Racosperma mangium*, vivero, aguas residuales, crecimiento, desarrollo.

Introducción

El uso de leguminosas forrajeras arbóreas puede constituir la respuesta de los sistemas de explotación agropecuaria tropicales a los retos de la protección del ambiente. Su introducción en sistemas silvopastoriles ha tomado importancia dado que las mismas ofrecen un follaje con alto contenido de proteína y minerales esenciales, acompañado de una alta digestibilidad. Otras ventajas del uso de estas plantas puede ser el hecho de que enriquecen el suelo ya que fijan nitrógeno atmosférico y proveen protección contra la erosión, además de tener otros usos como sombra en el potrero, barreras rompeviento, madera y leña. Esta amplia gama de utilidades les ha ganado el calificativo de árboles multipropósito (19).

Dentro de estas especies se plantea la evaluación de *Racosperma mangium* Willd, leguminosa (subfamilia *Mimosoideae*) que se adapta a ambientes con altas temperaturas y suelos con déficit de nutrientes y problemas de acidez (3), originaria del

noroeste de Australia, suroeste de Nueva Guinea y el este de Indonesia (10; 16), que ha demostrado potencial para su incorporación en sistemas silvopastoriles en condiciones de Bosque Seco Tropical y suelos ácidos en el occidente de Venezuela (12, 14). Sin embargo, esta especie requiere cuidados de vivero que garanticen una adecuada fase inicial de crecimiento para la obtención de plántulas óptimas para su establecimiento en el campo, lo cual requiere principalmente de prácticas que garanticen una buena suplencia de agua y nutrientes y la aplicación de aguas residuales ha demostrado reunir estas condiciones (10).

El presente trabajo tuvo como objetivo principal la evaluación de *R. mangium*, sometida a riego con diferentes concentraciones de aguas residuales en la fase de vivero, como una alternativa para minimizar el uso de agua potable con fines de riego y aumentar el aprovechamiento del agua servida reciclada de zonas urbanas.

Materiales y métodos

El experimento fue realizado en el Centro de Investigaciones del Agua (CIA) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia, Venezuela. El área está ubicada en las coordenadas 10°41'12" latitud norte y 71°38'05" longitud oeste, con una altura aproximada de 20 msnm. Está región está clasificada como bosque muy seco tropical (7), con temperatura promedio de 30°C y precipitación anual de 600 mm.

Los tratamientos evaluados fueron 5 diferentes niveles crecientes de agua residual en el agua de riego (0, 25, 50, 75 y 100%), la cual provenía de la serie C del sistema de lagunas de tratamiento del CIA, la cual está constituida por una laguna facultativa y dos de maduración. En la primera, el proceso de remoción de materia orgánica ocurre por oxidación aerobia próxima a la superficie y por fermen-

tación anaerobia en el fondo y en las segundas se efectúa la remoción de microorganismos mediante los rayos solares, la depredación, agregación y sedimentación entre otros mecanismos (15). La composición química de los tratamientos se muestra en la cuadro 1.

Las plantas fueron germinadas previamente en condiciones de umbráculo en bandejas germinadoras sobre un sustrato inerte preparado a base de turba y fibra vegetal en proporción 2:1. Durante esta fase las plántulas fueron regadas con agua potable por un período de 30 días hasta completar la germinación ya que no existe efecto de los tratamientos en esta fase (13). Posteriormente fueron transplantadas al campo en macetas de 15 kg de capacidad, llenadas con capa vegetal de los alrededores de la zona.

Cada tratamiento estuvo representado por una parcela de 25 macetas con una planta cada una, a las

cuales, y previo a la aplicación del tratamiento, se dejó un período de 14 días para permitir una adecuada recuperación y posteriormente se evaluó durante 12 semanas con los tratamientos de riego, aplicando de forma individual y diariamente a cada maceta un volumen de 350 ml de solución de riego.

Semanalmente se muestreó de forma destructiva una planta por tratamiento y repetición para evaluar: longitud y peso seco de la parte aérea y radical, número de hojas y el área foliar total con el uso del Digitalizador de Siluetas Delta-T Devices LTD.

Se utilizó un diseño en bloques al azar con arreglo de tratamientos en parcelas divididas y 5 repeticiones. En el análisis de los resultados se utilizó el paquete estadístico SAS (18). Los procedimientos aplicados fueron PROC GLM para el análisis de varianza y las medias fueron comparadas con la prueba de Tukey.

Resultados y discusión

Longitud de la parte aérea y radical: Como se observa en el cuadro 2, el crecimiento de la parte aérea de la planta fue afectado significativamente ($P < 0,01$) por los tratamientos con aguas residuales, mientras que para la longitud de la raíz no se detectó efecto de los tratamientos.

La longitud de la parte aérea aumentó en la medida que se incrementó el contenido de agua residual en los tratamientos. Los valores más altos para esta variable se obtu-

vieron cuando las plantas se irrigaron con 75 y 100% de agua residual (26,70 y 29,28 cm, respectivamente). El incremento fue de 25 y 37% en las plantas tratadas con 75 y 100% de agua residual, respectivamente, en comparación con las que no recibieron agua residual.

Este comportamiento es previsible considerando los aportes de elementos minerales esenciales como N y P que contenía el agua residual, tal como se observó en el análisis realizado al agua (cuadro 1). Este aporte

Cuadro 1. Composición química de los tratamientos aplicados

Agua residual	N	P	K	Fe	Pb
%	mg ⁻¹				
0	2,10	4,66	1,76	0,28	0,11
25	5,39	6,33	4,62	0,33	0,11
50	13,23	11,06	7,58	0,42	0,12
75	19,04	15,90	10,27	0,55	0,14
100	26,32	21,08	17,54	0,64	0,16

Promedio de cuatro muestreos durante el ensayo

de minerales a manera de fertirrigación favoreció un rápido crecimiento vegetativo inicial.

El efecto de aplicaciones de P, y en menor grado de K, sobre el crecimiento de *R. mangium* ha sido reportado previamente. En tal sentido, la aplicación de 30 a 60 kg de P/ha produce un incremento porcentual de 64% en la altura de la planta en comparación con plantas no fertilizadas (5).

Peso seco aéreo y radical: El rendimiento de materia seca de la par-

te aérea y radical fue favorecido con la aplicación de aguas residuales. Se observa en el cuadro 3, como los valores significativamente más altos ($P < 0,01$) para ambas variables (6,16 y 3,00 g/planta para la parte aérea y radical, respectivamente) se obtuvieron cuando las plantas recibieron 100% agua residual, representando esto un incremento de 80,4% para la biomasa aérea y de 105,5% para la biomasa radical en comparación con las plantas que no recibieron agua residual.

Cuadro 2. Longitud de la parte aérea y radical de plantas de *R. mangium* sometidas a diferentes tratamientos con agua residual

Agua residual	Parte aérea	Parte radical
%	cm	
0	21,36 ^c	31,39
25	23,77 ^{bc}	29,39
50	23,91 ^{bc}	28,72
75	26,70 ^{ab}	29,14
100	29,28 ^a	30,77

Valores con letras diferentes en la misma columna difieren estadísticamente ($P < 0,01$), según la prueba de Tukey.

Los aportes de nutrientes contenidos en el agua residual estimulan la producción de biomasa de las plantas incluso por encima de tratamientos de fertilización. Una comparación de varios tratamientos de fertirrigación, que incluían riego con agua adicionada con N, P y K en cantidades equivalentes a las presentes en aguas residuales y riego con aguas residuales sobre del rendimiento de forraje y grano de avena y trigo demostró que con el uso de estas últimas se obtienen iguales o mejores resultados en rendimiento a los reportados para los tratamientos con agua adicionada con nutrientes (4). Esto sugiere que los nutrientes aportados por el agua residual se presentan en formas rápidamente aprovechables para las plantas lo cual ha sido reportado por otros autores (8, 11) y concuerda con lo observado en este experimento debido a que, a medida que se incrementa la cantidad de aguas residuales en el tratamiento se incrementa la producción de biomasa aérea y radical.

Comportamientos similares han sido reportados al evaluar tratamientos de riego con y sin fertilización y diferentes aplicaciones de aguas residuales obteniendo incrementos en el rango de 0 a 356% en grano de maíz, 5 a 130% en forraje de maíz, 85-191% en trébol rojo y 79-139% en alfalfa (17). Igualmente se han reportado incrementos en la producción de biomasa de *Paspalum notatum* Flugge, con aplicaciones de aguas residuales y sus residuos sólidos a manera de fertilización (1).

Los resultados observados en este ensayo muestran que el uso de estas aguas residuales estimulan significativamente la producción de biomasa de *R. mangium* en esta fase, sin embargo esta respuesta esta sujeta a las características propias del agua utilizada. Algunos autores sugieren que la composición de las aguas residuales está relacionada con su origen y la proporción de residuos industriales y/o domésticos que contenga (20). Trabajos realizados con aguas

Cuadro 3. Rendimiento de materia seca aérea y radical de plantas de *R. mangium* sometida a diferentes tratamientos con agua residual

Agua residual	Parte aérea	Parte radical
%	g/planta	
0	2,86 ^c	1,46 ^c
25	2,83 ^c	1,72 ^{bc}
50	3,23 ^c	2,11 ^{bc}
75	4,34 ^b	2,33 ^{ab}
100	5,16 ^a	3,00 ^a

Valores con letras diferentes en la misma columna difieren estadísticamente ($P < 0,01$), según la prueba de Tukey.

residuales de actividades petroquímicas solo obtuvieron incrementos en biomasa total de *Leucaena leucocephala* hasta niveles de 50% de aguas residuales en el agua de riego (2). Probablemente el origen urbano de las aguas residuales utilizadas en este ensayo presente mejores condiciones para su uso con fines de riego en comparación con las aguas efluentes de procesos industriales.

Número de hojas y área foliar total: El cuadro 4 muestra el efecto significativo ($P < 0,01$) de los tratamientos con agua residual sobre el área foliar total y el número total de hojas por planta. Se observa como los mayores valores para área foliar fueron obtenidos con los tratamientos 75 y 100% agua residual (280,61 y 325,43 cm^2 , respectivamente). Estas plantas mostraron un incremento en su área foliar total de 48,5 y 72,3% con los tra-

tamientos de 75 y 100% agua residual, respectivamente, en comparación con las que solo recibieron agua potable.

Igualmente el mayor número de hojas por planta (17,77) se obtuvo con el tratamiento de 100% agua residual, lo que representa una diferencia de 30,8% en relación a las que no recibieron agua residual.

Los tratamientos aplicados en este ensayo garantizaron una adecuada suplencia de agua y nutrientes y ambas condiciones son indispensables para un rápido aumento del área foliar (6, 9). Los tratamientos mejoraron la eficiencia en captación de luz de las plantas de *R. mangium*, dado que estimularon un aumento en la superficie foliar fotosintéticamente activa y esto está estrechamente relacionado con la respuesta en producción de biomasa obtenida.

Cuadro 4. Area foliar y numero de hojas de plantas de *R. mangium* sometida a diferentes tratamientos con agua residual.

Agua residual	Area foliar total	Número de hojas
%	cm^2	
0	188,89 ^b	13,59 ^b
25	208,19 ^b	14,61 ^b
50	227,29 ^b	13,82 ^b
75	280,61 ^a	14,96 ^{ab}
100	325,43 ^a	17,77 ^a

Valores con letras diferentes en la misma columna difieren estadísticamente ($P < 0,01$), según la prueba de Tukey.

Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos permiten concluir que existe un efecto altamente significativo de la aplicación de aguas residuales sobre el comportamiento de *Racosperma mangium* en la fase de vivero.

El uso de esta agua en esta fase inicial representa una alternativa para acelerar el desarrollo de las plantas y permitir un más rápido establecimiento. Igualmente, es una forma de uso adecuado para el agua reciclada minimizando el impacto ambiental de ésta y disminuyendo la presión

sobre el uso del agua potable con fines de riego.

Sin embargo, es conveniente realizar investigaciones a más largo plazo con el uso de esta agua debido a que puede inducir la acumulación de elementos pesados. Aunque en este ensayo no se observó un efecto adverso de estos elementos sobre el desarrollo de las plantas, es de vital importancia evaluar cuidadosamente su dinámica debido a que éstos pueden llegar al hombre a través de la cadena trófica planta-animal-hombre.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de La Universidad del Zulia (Proyecto CONDES-LUZ No. 804-2000) por su apoyo financiero a esta investigación, al Centro de Investigaciones del Agua

(CIA-LUZ) por el apoyo logístico recibido y a la Unidad Técnica Fitosanitaria (UTF-LUZ) por ceder el uso de sus laboratorios y equipos en el análisis de área foliar desarrollado en esta investigación.

Literatura citada

1. Adjei, M. and J. Rechcigl. 2002. Bahiagrass production and nutritive value as affected by domestic wastewater residuals. *Agron. J.* 94:1400-1410.
2. Angulo, R., Y. Montilla, M. Rivas, T. Clavero, R. Razz y C. Castro. 1997. Efecto de diferentes niveles de aguas residuales sobre el crecimiento de la *Leucaena leucocephala* en condiciones de vivero. *Interciencia.* 22: 28-30.
3. Blair, G., M. Panjaitan, D. Ivory, B. Palmer and M. Subjadi. 1988. An evaluation of tree legumes on an acid ultisol in South Sumatra, Indonesia. *J. Agric. Sci.* 111: 435-441.
4. Bouwer, H. and R. Chaney. 1974. Land treatment of waste waters. *Advances in Agronomy.* 26: 133-174.
5. Dart, P. and A. Almendras. 1991. Role of symbiotic association in nutrition of tropical *Racospermas*. In: Turnbull, J. (Ed.): *Advances in tropical Acacia Research: International workshop. Proceedings N° 35:* 13-19.
6. Elias, F. y F. Castellvi. 1996. *Agrometeorología.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 517.

7. Ewel, J. y Madriz, A. 1968. Zonas de vida de Venezuela. Dirección de Investigación. Ministerio de Agricultura y Cría. Venezuela. p.65.
8. Hernan, E. y E. Hilliboe. 1990. Manual de tratamiento de aguas negras. 4ª Edición. Editorial Limaza. México D.F. pp 129-140.
9. Lambers, H., F. Stuart and L. Pons. 1998. Plant physiological ecology. Springer Verlag. New York. pp 540.
10. Latif M., S. Khan and M. Bhuiyan. 1985. Prospects of *Acacia mangium* for afforestation in Bangladesh. The Pakistan J. of Forestry. 8: 7-12.
11. Metcalf, E. 1995. Vertidos y reutilización. Ingeniería de aguas residuales. 3ª Edición. Editorial Labor S.A. Barcelona, España. pp. 893-1022.
12. Rodríguez-Petit, A., T. Clavero, R. Razz. 2001. Efecto de la altura y la frecuencia de poda en la producción de materia seca de *Acacia mangium* Willd. Revista Forestal Centroamericana. 35(3): 38-40.
13. Rodríguez-Petit A., T. Clavero, R. Razz y C. Cárdenas. 2000. Efecto del riego con aguas residuales sobre la germinación temprana de *Acacia mangium* Willd. Memorias IV Taller Internacional «Los árboles y arbustos en la ganadería tropical». EEPF «Indio Hatuey». Varadero, Cuba. p. 58.
14. Rodríguez-Petit, A., T. Clavero and R. Razz. 1997. Regrowth of *Acacia mangium* Willd under defoliation. Willd. J. Anim. Sci. 75 (Supl. 1): 206.
15. Romero, J. 1988. Acuitratamiento por lagunas de estabilización. 2ª Edición. Editorial Romor. Santa Fe de Bogota. p 145.
16. Sedgley M., J. Harbard, R. Smith, A. Wickeneswari and A. Griffin. 1992. Reproductive biology and interspecific hybridisation for *Acacia mangium* and *Acacia auriculiformis*. Aust. J. of Bot. 40: 37-48.
17. Sopper, W. and L. Kardos. 1973. Recycling treated municipal waste waters and sludge through forest and crop land. Pennsylvania Estate Univ. Press. Univesrisity Park, Pennsylvania. p. 271.
18. Statistical Analysis System (SAS). 1990. SAS/STAT User's guide Version 6. 4th edition. SAS Institute Inc. Cary, NC.
19. Van Den Beldt, R. 1995. The future role of leguminous multi-purpose trees in tropical farming systems. In: Shelton, H. M., Piggim, C. M. and Brewbaker, J. L. (Eds.). Leucaena: Opportunities and Limitations. ACIAR Proceedings N° 57: 241.
20. Wild, A. 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russel. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 1045.