

## PARAMETROS DE CRECIMIENTO DE BIOMASA DE MACROFITAS PARA SU UTILIZACION EN REACTORES DE LECHO FIJO

Andrea Saralegui<sup>1</sup>, Maria Natalia Piol<sup>1,2</sup>, Ivan Jara<sup>1</sup>, Susana Boeykens<sup>1</sup>

(1) *Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Laboratorio de Química de Sistemas Heterogeneos ( LaQuiSiHe ) , Av. Paseo Colón 850 - C1063ACV - Buenos Aires – Argentina.* (2) *CONICET (54-11) 4343-0893/0092 int 1167. laquisihe@fi.uba.ar.*

### Introducción

Reactores de retención a escala de laboratorio para remoción de metales pesados con material vegetal como adsorbentes fueron ampliamente estudiados en los últimos años [1,2,3]. Sin embargo, para un salto de escala a planta piloto, o incluso a una pequeña planta industrial, un punto clave es la disponibilidad del biosorbente. En este sentido, el conocimiento acerca de los parámetros de crecimiento para la obtención de biomasa es esencial. Este trabajo se centra en el estudio de las macrófitas acuáticas que han mostrado una buena eficiencia de remoción de metales pesados (Pb, Cr, Cu, B y As) [4,5]. Mientras que las macrófitas acuáticas se pueden obtener de los cuerpos de agua en donde se desarrollan de forma natural, el conocimiento de estos parámetros permitirá optimizar la producción de su biomasa en un invernadero, incluso en regiones en donde no se producen de forma natural estas especies o incluso en meses del año en los cuales su crecimiento no es el más óptimo. Estos parámetros de crecimiento fueron estudiados en trabajos previos para diferentes propósitos, como para estimar el impacto de diversos contaminantes tales como metales pesados u otros contaminantes en el crecimiento de las plantas [5,6,7], para estudiar el efecto competitivo de las diferentes especies cultivadas juntas [8,9], y para estudiar las productividades de la biomasa en términos de la cantidad de carbono orgánico o clorofila producido [10]. Este trabajo tiene como objetivo encontrar las mejores condiciones de cada especie en cultivo individual para la obtención de la biomasa necesaria para el funcionamiento de los reactores de retención. Los parámetros seleccionados en este trabajo fueron: el rendimiento de biomasa (BY, peso seco de la planta por unidad de área de la cultivo), que permite estimar el área requerida para obtener un peso seco de un biosorbente dado, la tasa de crecimiento relativo (R) y el velocidad de propagación relativa (TPR), para estimar el tiempo de cultivo necesario [8,11,12]. Los parámetros obtenidos son sólo indicativos para cada especie en las condiciones de cultivo particulares de este trabajo, pero permiten realizar la estimación de los recursos financieros necesarios para el funcionamiento de estos reactores.

### Materiales y métodos

Se estudiaron cinco especies de macrófitas acuáticas nativas de la llanura Pampeana (Azolla pinnata, Salvinia molesta, Limnobium, Lemna sp y Pistia stratiotes). Las plantas se recogieron de su medio silvestre en bolsas de plástico, se seleccionaron las de tamaño mediano y apariencia saludable, se lavaron a fondo. Una masa aproximada de 100 g de cada especie (peso húmedo inicial, WW1), se colocó en reactores de plástico con 5 litros de agua (50% con agua de la fuente y 50% de agua del grifo) y la superficie ocupada se midió dentro del reactor (S1). Se añadieron nutrientes para alcanzar niveles iniciales de 5 mg N / L (alta fertilidad). Se colocaron los reactores por

duplicado para cada especie de prueba. Posteriormente, los recipientes se expusieron a la luz solar directa durante la reproducción hasta que el crecimiento de la planta cubriera toda la superficie de agua en los recipientes. El nivel de agua se controló en el reactor para reponer las pérdidas de evapotranspiración, manteniendo el volumen constante. El cultivo se llevó a cabo en ambientes protegidos, durante los meses de septiembre y enero (primavera y verano), donde es máxima la tasa de crecimiento por las condiciones de temperatura y luz solar adecuados, la temperatura diaria promedio varió entre 25 y 30 °C y el fotoperiodo era natural con un promedio de irradiación de 6,5 kWh / día [13]. Periódicamente se controló el pH, que osciló entre 6,3 y 7,1. Al final del experimento se midió el tiempo experimental (t), el área ocupada por las plantas en el reactor (S<sub>2</sub>). Las plantas fueron extraídas, enjuagadas y escurridas en papel adsorbente y se cuantificó su peso (WW<sub>2</sub>). La Tabla 1 muestra los parámetros experimentales medidos en este trabajo. La masa seca inicial, se determinó a partir del peso en húmedo inicial y el porcentaje de masa seca; la tasa de crecimiento relativo (R) se calculó de acuerdo a la ecuación de caza [11,12] y expresa el mismo crecimiento basado en la variación de los pesos en seco; velocidad de propagación relativo (TPR) también se determinó según la fórmula Dickinson y Miller [8], que mide el grado de propagación espacial de la cobertura de medición dentro de cada reactor. La cobertura se calculó mediante la medición de las plantas ocupada de la superficie dentro de cada reactor en proporción al área total del reactor; La cobertura final se corresponde con las dimensiones del reactor y la cobertura inicial se midió para cada macrófita usando una regla calibrada con una precisión de 1 mm.

**Tabla 1.** Parámetros experimentales medidos en los experimentos

Parámetros	Expresión y formulas	Unidades
peso húmedo inicial y final	WW <sub>1</sub> , WW <sub>2</sub>	g
masa seca final (a 60 ° C hasta peso constante)	DW <sub>2</sub>	g
área inicial y final ocupado por plantas	S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub>	m <sup>2</sup>
el tiempo de experimentación	t	días
Porcentaje de humedad	$\% H = \frac{(WW_2 - DW_2)}{WW_2} \times 100\%$	%
Porcentaje de peso seco	$\% DW = 100 - \% H$	%
peso seco inicial	$DW_1 = \frac{WW_2 \times \% DW}{100}$	g
la cobertura inicial y final	$C_1 = \frac{S_1}{S} \times 100\%$	%
El rendimiento de biomasa (masa vegetal seca por unidad de superficie)	$BY = \frac{DW_2}{S_2}$	g m <sup>-2</sup>
tasa de crecimiento relativa [11,12]	$R = \frac{(\ln DW_2 - \ln DW_1)}{t}$	días <sup>-1</sup>
velocidad de propagación relativo [8]	$TPR = \frac{(C_2 - C_1)}{C_1 \times t}$	días <sup>-1</sup>

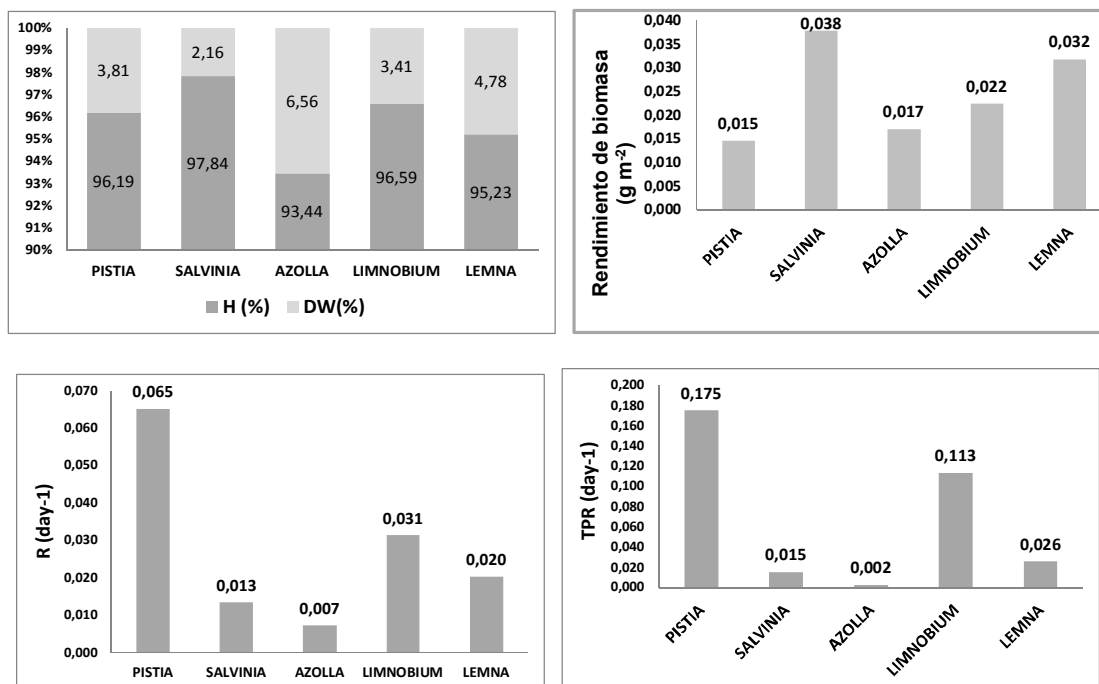
## Resultados y Discusión

Los resultados de los parámetros de crecimiento y características de las biomásas estudiadas se presentan en la Figura 1. La Pistia fue la especie con mayor R y TPR (0,065 días<sup>-1</sup> y 0,175 días<sup>-1</sup>) lo que indica que se trata de la especie que desarrolla

una mayor cantidad de biomasa en un intervalo de tiempo más corto, a continuación, le siguen Limnobiium ( $0,031 \text{ días}^{-1}$  y  $0,113 \text{ días}^{-1}$ ), Lemmna ( $0,020 \text{ días}^{-1}$  y  $0,026 \text{ días}^{-1}$ ), Salvinia ( $0,013 \text{ días}^{-1}$  y  $0,015 \text{ días}^{-1}$ ) y, finalmente, Azolla ( $0,007 \text{ días}^{-1}$  y  $0,002 \text{ días}^{-1}$ ). Los valores obtenidos en este estudio son más altos que los reportados por París y Maine [5,7] para Pistia ( $0,025 \text{ días}^{-1}$  y  $0,044 \text{ días}^{-1}$ ) y Salvinia ( $0,019 \text{ días}^{-1}$  y  $0,024 \text{ días}^{-1}$ ). Si bien estos parámetros dependen altamente de las condiciones de cultivo, se puede concluir que con las condiciones en este experimento se logró maximizar la producción de biomasa.

Azolla es la especie con el mayor porcentaje de peso seco (6,56%). Mientras que presenta los menores valores de R, y TPR, sin embargo, su biomasa tiene altos porcentajes de remoción de metales pesados, por lo que se puede lograr una eficiencia similar con una menor cantidad de biomasa disponible.

Salvinia es la especie con el mayor rendimiento de biomasa ( $0,038 \text{ g m}^{-2}$ ) lo que indica que produce una mayor cantidad de biomasa seca por unidad de superficie de cultivo, a continuación, seguido Lemna ( $0,032 \text{ g m}^{-2}$ ), Limnobiium ( $0,022 \text{ g m}^{-2}$ ), Azolla ( $0,017 \text{ g m}^{-2}$ ) y, finalmente, Pistia ( $0,015 \text{ g m}^{-2}$ )



**Figura 1.** Resultados obtenidos para los porcentajes de humedad (% H) y peso seco (% DW), producción de biomasa (BY), tasa de crecimiento relativo (R) y la velocidad de propagación relativa (TPR).

## Conclusiones

Se puede concluir que la biomasa de las macrófitas estudiadas se puede obtener con una buena productividad, en tiempos cortos, en los cultivos de invernadero. Los parámetros obtenidos permitieron determinar el área de cultivo necesaria en función de la cantidad de biomasa requerida. Estos parámetros son fuertemente dependientes de las condiciones de cultivo, se puede concluir que las condiciones de cultivo en este

experimento maximizan la producción de biomasa. Los parámetros obtenidos son sólo indicativos para cada especie en las condiciones de cultivo particulares de este trabajo, pero permiten realizar la estimación de los recursos financieros necesarios para el funcionamiento de estos reactores.

## Referencias

- [1] M. Figueira, B. Volesky, K. Azarian, V. Ciminelli, *Environ. Sci. Technol.*, **34**, (2000) p. 4320.
- [2] R.Vieira, B.Volesky, *Internatl. Microbiol.*, **3**, (2000) p.17.
- [3] B.Volesky, "Biosorption of heavy metals", *CRC Press*, 1995.
- [4] P.Miretzky, A.Saralegui, A. Fernández Cirelli, *Chemosphere*, **62**, (2006) p. 247.
- [5] C. Paris, H. Hadad, M.A. Maine, N. Suñe, *Limnetica*, **24** (3-4), (2005) p. 237.
- [6] M. A. Maine, A V. Duarte, N. Suñe, *Wat. Res*, **35** (11), ( 2001) p. 2629
- [7] M. A. Maine, N. Suñe, S. C. Lager, *Wat. Res*, **38** (2004) p.1494
- [8] M. B. Dickinson , T. E. Miller, *Am. Midl. Nat.*, **140**, (1998) p. 55
- [9] P. W. Tipping, L. Bauer, M. R. Martin, T. D. Center, *Aquatic Botany*, **90** (2009) p.231
- [10] R . M. Campbell, D. H. N. Spence, Cap 20. In: Drew, E, Lythgoe, J, Woods, D. *Underwater Research*, Academic Press, London, 1976.
- [11] R. Hunt, "Basic Growth Analysis". Unwin Hyman, London, 1990.
- [12] V. H. Blackman, *Annals of botany*, **33**, (1919) p. 353
- [13] H. Grossi Gallegos, "Atlas de energía solar de la República Argentina". Secretaría de Ciencia y Tecnología - Universidad Nacional de Luján, Argentina, available at: [http://www.gersol.unlu.edu.ar/Atlas\\_Solar/mapas-rad-solar.html](http://www.gersol.unlu.edu.ar/Atlas_Solar/mapas-rad-solar.html).