

ESPECIES TROPICALES DE PASTURAS: TOLERANCIA A INUNDACIONES

Grimoldi A.A.¹ y Striker G.G.²

¹Cátedra de Forrajicultura, IFEVA-CONICET-FAUBA – grimoldi@agro.uba.ar

²Cátedra de Fisiología Vegetal, IFEVA-CONICET-FAUBA

En diferentes zonas de la Argentina, el sostenido avance de la agricultura está desplazando progresivamente la ganadería de regiones con suelos agrícolas a otras con suelos más frágiles y/o de menor aptitud (Feldkamp, 2011). Las mismas restricciones ambientales que impiden la agricultura en las áreas destinadas a la ganadería, también imponen condiciones de estrés para las especies forrajeras, las cuales pueden afectar su crecimiento y persistencia en la pastura. Asimismo, la ocurrencia de inundaciones es un evento común en sistemas ganaderos, y se espera que aumenten tanto la frecuencia como la intensidad de las mismas en los próximos años debido a los efectos del cambio climático (Arnell y Liu, 2001). Tomando en cuenta esta proyección, la recomendación de especies forrajeras en los sistemas ganaderos debe guardar relación con el régimen hídrico en cada uno de los ambientes, sin favorecer el deterioro de estos ecosistemas restringiendo su productividad futura. La generación de información sobre tolerancia a la inundación de las diferentes especies forrajeras es de utilidad para la concreción de tecnologías y prácticas de manejo que maximicen la adecuación y persistencia de las pasturas en estos ambientes.

La inundación genera un ambiente anaeróbico en la rizósfera de las plantas debido a la drástica disminución de la difusión de oxígeno en el suelo. Frente a esta situación, las principales respuestas de tolerancia son el incremento en la altura y elongación de las hojas por encima del nivel del agua (“escape”), la generación de raíces adventicias y la formación interna de tejido aerenquimático (espacios continuos de aire que facilitan el transporte de gases). Estas respuestas facilitan la llegada de oxígeno desde la parte aérea a los tejidos sumergidos; y como es de suponer, el éxito de esta estrategia de ‘escape’ va a depender directamente de la profundidad del agua y de la no ocurrencia de pastoreo que pueda situar las hojas nuevamente bajo el agua. Los eventos de inundación pueden variar en su intensidad (es decir profundidad del agua), duración y momento de ocurrencia, existiendo entonces un espectro variable de condiciones a las que pueden estar sujetas las plantas forrajeras en los ambientes pastoriles. En esta ponencia, se presentan investigaciones realizadas por nuestro grupo sobre aspectos relacionados con la tolerancia a la inundación en las gramíneas forrajeras megatérmicas *Chloris gayana* (grama rhodes) y *Panicum coloratum* (mijo perenne). En particular, se discuten resultados relacionados con: 1) la variabilidad en tolerancia debido a la

profundidad del agua y de diferentes cultivares, 2) a la secuencia de ocurrencia de los eventos de inundación y 3) a la época del año en las condiciones ambientales de la Pampa Deprimida.

1) Tolerancia de plántulas frente a intensidades crecientes de inundación

El objetivo de este experimento fue evaluar la tolerancia ante intensidades crecientes de inundación en plántulas de *Chloris gayana* (cv. Finecut) y *Panicum coloratum* var. *coloratum* (cv. Klein). Las plántulas fueron sujetas a tres tratamientos: (i) control regado, (ii) sumersión parcial: plántulas inundadas hasta la mitad de su altura y (iii) sumersión completa: plántulas totalmente sumergidas al inicio de los tratamientos. Transcurridos 14 días se removieron los tratamientos y se evaluó la recuperación luego de 12 días en condiciones de riego.

Los resultados mostraron que ambas especies toleran la sumersión parcial (profundidad del agua: 7 cm), pero difieren en su grado de tolerancia a la sumersión completa. En este escenario, *C. gayana* logró emerger del agua aumentando su altura en mayor medida que los controles (Fig. 1). La respuesta de ‘escape’ a la sumersión exhibida por *C. gayana* se asoció a una asignación preferencial de biomasa hacia la parte aérea (Fig. 2) y un marcado alargamiento de las láminas foliares. Por el contrario, bajo sumersión completa, *P. coloratum* detuvo su crecimiento sin acumular biomasa (Fig. 2), sus hojas fueron más pequeñas y no logró emerger por encima del nivel de agua (Fig. 1).

Figura 1. Altura de las plántulas de *Chloris gayana* y *Panicum coloratum* sometidas a condiciones control (C), sumersión parcial (PS) y sumersión completa (CS). El período de sumersión fue de 14 días y el período de recuperación fue de 12 días. Las líneas discontinuas indican la profundidad del agua de los tratamientos de sumersión. (Adaptado de Imaz *et al.*, 2012).

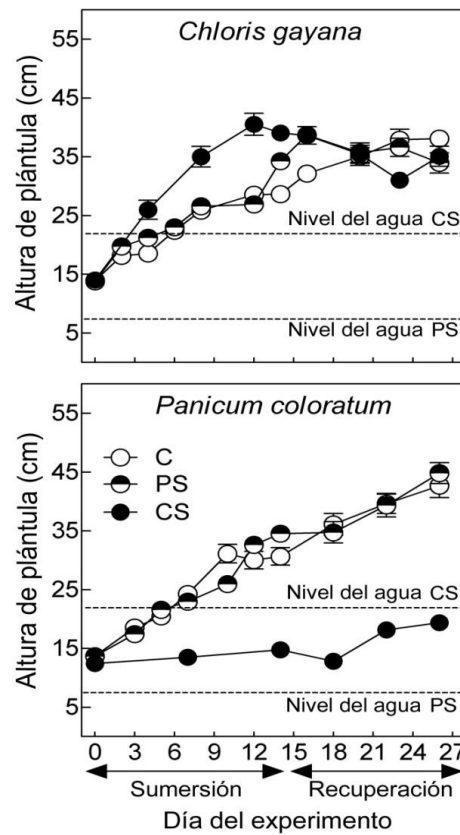
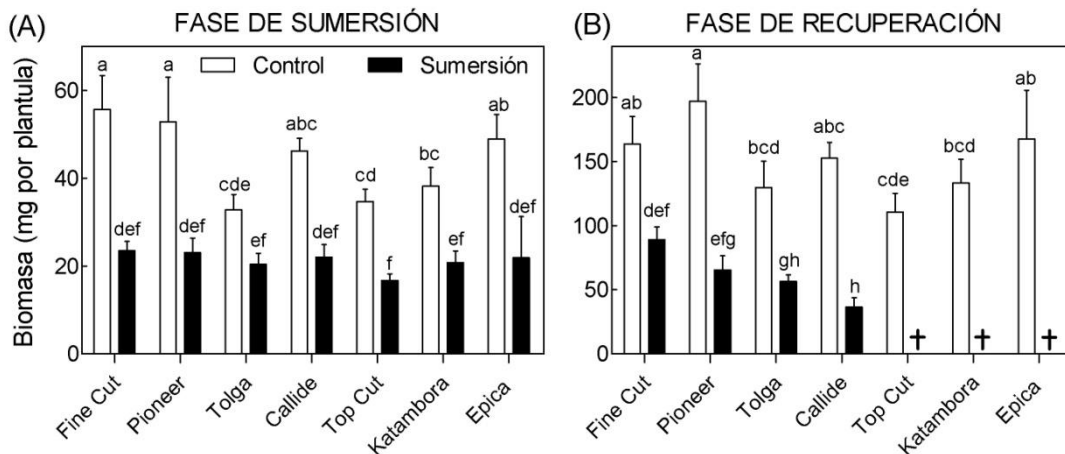


Figura 2. Biomasa aérea y radical de plántulas de *Chloris gayana* y *Panicum coloratum* sometidas a condiciones control (C), sumersión parcial (PS) y sumersión completa (CS). Para cada especie: los paneles de la izquierda muestran la biomasa inicial y en el día 14 de inundación, mientras que los paneles de la derecha muestran la biomasa en el día 26 (post-recuperación). Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$) dentro de cada período y especie. (Adaptado de Imaz *et al.*, 2012)

Es de destacar, que en condiciones de sumersión parcial, ambas especies continuaron creciendo durante la inundación y aumentaron considerablemente su biomasa en relación con su biomasa inicial (Fig. 2), denotando así un alto grado de tolerancia a esta condición. Asimismo, se registró que la biomasa final de *C. gayana* fue similar bajo sumersión parcial y completa; mientras que *P. coloratum* redujo notablemente la biomasa bajo sumersión completa incluso al final del experimento, indicando que los daños provocados durante la sumersión fueron persistentes (Fig. 2). De esta manera, se concluye que *C. gayana* posee una alta tolerancia a la sumersión parcial y completa, mientras que *P. coloratum* tolera adecuadamente condiciones hasta sumersión parcial.

En el siguiente experimento se busco profundizar el análisis de la respuesta a la sumersión de la especie *Chloris gayana*. Se analizaron siete cultivares comerciales: cinco diploides (Finecut, Pioneer, Tolga, Topcut y Katambora) y dos tetraploides (Callide y Epica). En este caso, se utilizaron plántulas relativamente más pequeñas (2-3 hojas expandidas), que fueron sujetas a dos tratamientos por 14 días en condiciones de invernáculo: (i) control regado y (ii) sumersión completa: inmersión en agua clara 2 cm por encima de las plántulas al comienzo de los tratamientos. Luego del período de inundación, se dejaron crecer las plántulas por dos semanas en condiciones control para evaluar su recuperación.

Figura 3. Biomasa de siete cultivares de *Chloris gayana* en sumersión completa (A) y luego de la fase de recuperación (B). Letras distintas indican diferencias significativas entre barras ($P < 0.05$) dentro de cada fase. La cruz indica no supervivencia. (Adaptado de Cifaldi *et al.*, 2015).



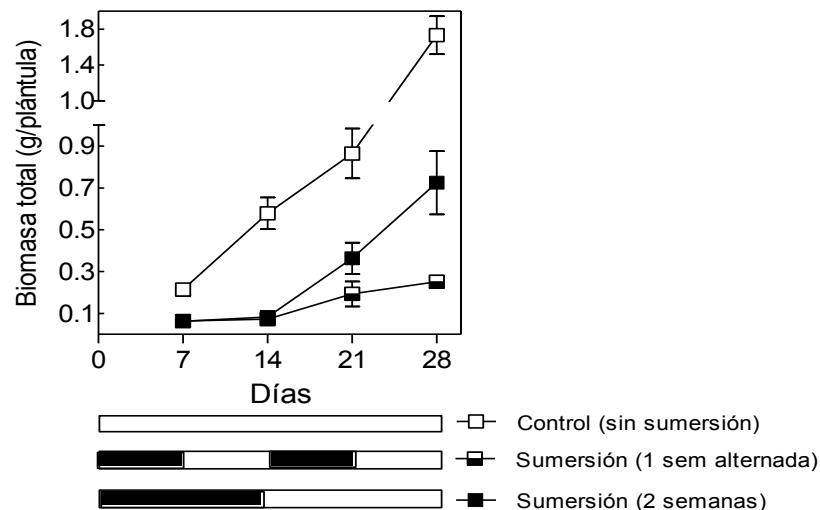
Durante la fase de sumersión, las diferencias entre cultivares no fueron evidentes ya que las plántulas de todos los cultivares sobrevivieron y alcanzaron una biomasa similar en condiciones de sumersión (Fig. 3A). En condiciones control, los cultivares Finecut, Pioneer, Callide y Epica fueron los que mostraron un mayor crecimiento (Fig. 3A), y por lo tanto una mayor capacidad competitiva para lograr su establecimiento temprano en condiciones no estresantes. Durante la fase de recuperación, los cultivares mostraron una respuesta diferencial en términos de supervivencia y acumulación de biomasa. De los siete cultivares evaluados, cuatro sobrevivieron –Finecut, Pioneer, Tolga y Callide– mientras que los otros tres perecieron –Topcut, Katambora y Epica– (Fig. 3B). Esto destaca la importancia de evaluar la recuperación de las plantas luego del evento de estrés, un aspecto muchas veces relegado en experimentos de inundación (Striker, 2012). A su vez, de los cuatro cultivares que sobrevivieron, Finecut y Pioneer alcanzaron siempre la mayor biomasa acumulada, tanto en condiciones control como en condiciones de sumersión previa (Fig. 3B).

Se concluye que existen diferencias en la tolerancia a la sumersión completa entre los cultivares comerciales disponibles de *C. gayana*, que se manifiestan durante la fase de recuperación de las plántulas. Los cultivares Finecut y Pioneer, de mayor crecimiento post-sumersión, resultaron los más promisorios para su introducción exitosa en bajos hidromórficos donde las plántulas puedan experimentar eventos de inundación que impliquen la condición de sumersión completa.

2) Efecto de la secuencia de inundación en plántulas de *Chloris gayana*

En este experimento se analizó el efecto de distintos regímenes de sumersión y el beneficio de exhibir la estrategia de escape sobre la producción de biomasa de *Chloris gayana* (cv. Finecut). Para ello, plántulas de *C. gayana* fueron sujetas durante 4 semanas a condiciones de (i) control regado, (ii) sumersión corta de alta frecuencia (1 semana sumergidas y 1 drenadas alternadas) y (iii) sumersión extensa de baja frecuencia (2 semanas sumergidas seguidas de 2 drenadas). Adicionalmente, en la mitad de los casos se anuló físicamente la emergencia de las hojas con redes de tul (red) para cuantificar el efecto de impedir la estrategia de escape (sin modificar la irradiancia).

Figura 4. Evolución de la biomasa de plántulas de 14 días de edad de *Chloris gayana* sujetas a diferentes regímenes de sumersión por cuatro semanas. (Adaptado de Striker *et al.*, 2016).



Los resultados muestran que las plántulas sujetas a sumersión extensa de baja frecuencia acumularon un 65% más de biomasa que las sujetas a sumersión corta de alta frecuencia (0,73 vs. 0,25 g por planta). A otro set de plantas se les impidió expresar la estrategia de “escape” mediante la colocación de redes de tul 2 cm por debajo del agua. Se observó que el agregado de la red impidiendo la emergencia de las hojas redujo la supervivencia de las plántulas a un 50% en una semana y provocó la

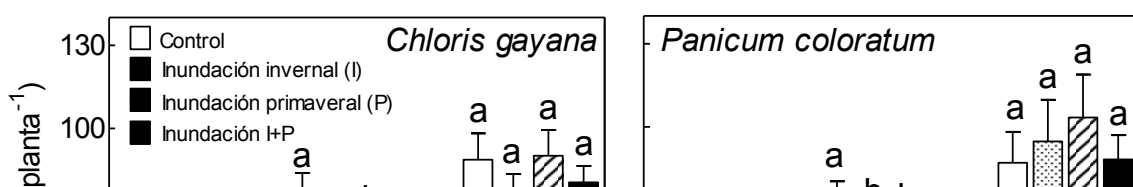
muerte de todas las plántulas cuando el período se extendió a dos semanas. En todos los casos, el efecto deletéreo de impedir expresar la estrategia de escape a esta especie se evidenció en la etapa de recuperación post-sumersión. Se concluye que, según lo postulado, la estrategia de “escape” es beneficiosa bajo régimen de sumersión extensa de baja frecuencia, mientras que el “escape” de las hojas del agua se asociaría tanto con el crecimiento como con la supervivencia de las plántulas. Así, la fase de recuperación juega un papel central en la instalación y performance de las plántulas a campo.

3) Tolerancia a la inundación en diferentes momentos del ciclo de crecimiento

El objetivo de este último experimento fue evaluar la tolerancia a inundación de plantas adultas de *Chloris gayana* (cv. Finecut) y *Panicum coloratum* var. *coloratum* (cv. Klein) en diferentes momentos del ciclo de crecimiento (inundación invernal durante el reposo vegetativo vs. inundación primaveral durante el rebrote). Plantas de 10 meses fueron sujetas a cuatro tratamientos: (i) control regado, (ii) inundación invernal por 50 días durante el período de reposo vegetativo, (iii) inundación primaveral por 20 días durante el rebrote y (iv) inundación continua por 70 días (reposo vegetativo + rebrote). En todos los casos, la aplicación del tratamiento de inundación fue en condiciones de sumersión parcial (profundidad del agua: 8 cm). Luego, se dejaron crecer las plantas por un período de 30 días en condiciones control para evaluar su recuperación.

En ambas especies, la inundación invernal determinó una caída en la producción de biomasa durante el rebrote primaveral del 20-23% (columna “I” día 70 en Fig. 5). La inundación primaveral provocó mermas en la biomasa del 17% en *C. gayana* y del 30% en *P. coloratum* (columna “P” día 70 en Fig. 5). Las plantas de *C. gayana* que permanecieron inundadas tanto en invierno como en primavera produjeron 38% menos biomasa que los controles, mientras que en *P. coloratum* no se registraron efectos aditivos depresores sobre la biomasa al inundar en ambos períodos (Fig. 5). Notablemente, al final del período de recuperación, las plantas de ambas especies lograron recuperarse y alcanzar una biomasa equivalente a la de sus controles independientemente del tratamiento de inundación al que habían sido sujetas (día 100 en Fig. 5).

Figura 5. Biomasa total de plantas adultas de *Chloris gayana* y *Panicum coloratum* sometidas a condiciones control (C), inundación invernal (I), inundación primaveral (P), inundación I+P. Los gráficos de cada especie muestran los valores de biomasa (g planta⁻¹) en el día 0 (inicial), en el día 50 (inundación invernal), en el día 70 (inundación primaveral) y en el día 100 (recuperación). Letras distintas indican diferencias significativas (P < 0.05) en cada período. (Adaptado de Imaz *et al.*, 2015).



e concluye que eventos de inundación prolongados durante el invierno comprometen la producción de biomasa durante el rebrote de ambas especies, y en una magnitud semejante a la de una inundación durante el propio rebrote primaveral. Sin embargo, ambas especies expresan una elevada capacidad de recuperación que les permite eliminar las diferencias en biomasa generadas por los tratamientos en solo 30 días luego de la última inundación.

Comentario final y perspectivas

Los resultados presentados indican que ambas especies son tolerantes a la inundación en fase adulta, con un compromiso en la reducción de biomasa que no supera el 30% en relación a controles no-inundados (Fig. 5). Se concluye que ambas especies resultan promisorias para su introducción en pastizales inundables, destacándose *C. gayana* para sitios donde la intensidad de inundación puede comprometer la sumersión completa de las plántulas en la primer fase del establecimiento (Figs. 1 y 2). Se confirma que la estrategia de escape del agua es un parámetro fundamental de tolerancia a la inundación en gramíneas forrajeras megatérmicas (Fig. 4), ya que al no permitirles la salida del agua las plántulas murieron a pesar de tratarse del cultivar de *C. gayana* que había sido resaltado como el de mayor tolerancia a la inundación (ver evaluación de cultivares en Fig. 3).

Sin embargo, los pastizales pueden verse afectados por otros factores abióticos producto de las condiciones climáticas y/o edáficas (en especial la ocurrencia de heladas, sequías y/o condiciones de halomorfismo), y a su vez por factores bióticos relacionados con el manejo (*i.e.* intensidad y frecuencia de la defoliación) del sistema pastoril bajo estudio. El conocimiento de dichos efectos y sus interacciones sobre la instalación y producción de especies forrajeras megatérmicas plantea nuevos interrogantes que son la base para la realización de futuras investigaciones.

Referencias

- Arnell N, Liu C. 2001. Hydrology and water resources. En: Climate Change 2001, Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Cifaldi JNA, Grimoldi AA, Striker GG. 2014. Tolerancia diferencial a la sumersión completa de siete cultivares de *Chloris gayana* Kunth en estadio de plántula. 37º Congreso Argentino de Producción Animal. Buenos Aires, Argentina.
- Feldkamp CR. 2011. Beef production in Argentina: situation and challenges. En: Proceedings of the International Rangeland Congress, Rosario, Argentina. Págs. 26-30.
- Imaz JA, Giménez DO, Grimoldi AA, Striker GG. 2012. The effects of submergence on anatomical, morphological and biomass allocation responses of tropical grasses *Chloris gayana* and *Panicum coloratum* at seedling stage. Crop & Pasture Science 63: 1145-1155.

- Imaz JA, Giménez DO, Grimoldi AA, Striker GG. 2015. Ability to recover overrides the negative effects of flooding on growth of tropical grasses *Chloris gayana* and *Panicum coloratum*. *Crop & Pasture Science* 66: 100-106.
- Striker GG. 2012. Time is on our side: the importance of considering a recovery period when assessing flooding tolerance in plants. *Ecological Research* 27: 983-987.
- Striker GG, Kuang X, Cifaldi J, Casas C, Grimoldi A. 2016. No escape? Costs and benefits of plant de-submergence in the pasture grass *Chloris gayana* under different submergence regimes. 12th Conference International Society for Plant Anaerobiosis. Elsinore, Dinamarca.