



PRODUCCION FORRAJERA INFLUENCIADA POR PERIODOS DE INUNDACIÓN DURANTE ETAPAS DE ESTABLECIMIENTO DEL PASTO *Brachiaria humidicola*

FORAGE PRODUCTION INFLUENCED BY FLOODING PERIODS DURING THE ESTABLISHMENT STAGES OF *Brachiaria humidicola* GRASS

Lauri Fabiola Chaparro Maciel¹, Carlos Alberto Mongelos Barrios¹ y Modesto Osmar Da Silva Oviedo^{1*} 

¹ Universidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Agrarias, Concepción, Paraguay.

*Autor por correspondencia: dasilva_modesto@hotmail.com

RESUMEN

Este trabajo tuvo por objetivo evaluar en qué condiciones, periodo o época de inundación la *Brachiaria humidicola* presenta mejores características productivas después de la siembra. Fue realizado en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias. Se aplicó el Diseño Completamente al Azar (DCA), con 4 (cuatro) tratamientos y 5 (cinco) repeticiones, totalizando 20 unidades experimentales (UE). Las unidades experimentales fueron cajas de 35cm de ancho x 50 cm largo x 30 cm de alto. Los tratamientos fueron los días después de siembra (DDS) 10, 20 y 30 respectivamente más el testigo. El procedimiento de instalación consistió en replicar en las unidades experimentales el tipo de suelo de la parcela experimental sometido a inundaciones. Los datos registrados de las siguientes determinaciones: porcentaje de emergencia, masa verde y masa seca de la planta entera, fueron sometidos a análisis de varianza mediante el test F al 5% y donde se observó efecto significativo de tratamientos, fueron establecidas regresiones que mejor representaba el comportamiento en las diferentes determinaciones. Se concluye que el periodo que menos impacto negativo demostró en la inundación en la *Brachiaria humidicola*, fue a los 30 días después de siembra, en vista a que en el experimento el T4 tuvo mejores resultados en las determinaciones de porcentaje de emergencia, masa verde y masa seca.

Palabras clave: *Brachiaria humidicola*, inundación, emergencia, masa verde, masa seca.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate under which conditions, period or time of flooding *Brachiaria humidicola* presents better productive characteristics after seeding. It was carried out in the experimental field of the Faculty of Agricultural Sciences. The Completely Randomized Design (CRD) was applied, with 4 (four) treatments and 5 (five) replications, totaling 20 experimental units (EU). The experimental units were 35 cm wide x 50 cm long x 30 cm high boxes. The treatments were days after seeding (DDS) 10, 20 and 30 respectively plus the control. The installation procedure consisted of replicating in the experimental units the soil type of the experimental plot subjected to flooding. The data recorded for the following determinations: percentage of emergence, green mass and dry mass of the whole plant, were subjected to analysis of variance using the F test at 5% and where a significant effect of treatments was observed, regressions were established that best represented the behavior in the different determinations. It is concluded that the period that showed the least negative impact of flooding on *Brachiaria humidicola* was 30 days after seeding, in view of the fact that in the experiment T4 had better results in the determinations of percentage of emergence, green mass and dry mass.

Keywords: *Brachiaria humidicola*, flooding, emergence, green mass, dry mass.

INTRODUCCIÓN

Los pastos del género *Brachiaria* son los más implantados y se encuentran en forma abundante en las regiones de los trópicos y subtrópicos concentrándose donde las temperaturas son altas, las precipitaciones escasas y suelos degradados. Muestran gran aceptación por parte de los ganaderos debido a su adaptación a diversas condiciones edafoclimáticas. Bajo condiciones limitantes en el suelo como acidez y baja fertilidad, los pastos del género *Brachiaria* muestran un eficiente crecimiento y persistencia, así como altas producciones de biomasa de buena calidad y un alto grado de aceptación por los animales (Olivera et al., 2006).

Entender cómo las especies vegetales responden a la inundación es importante para ayudar a predecir el potencial productivo de una especie bajo ciertas condiciones ambientales y para proveer información necesaria sobre un manejo exitoso del cultivo (Yang et al., 2007). Es por esto que la investigación en mecanismos fisiológicos de adaptación de las plantas a condiciones de inundación puede servir como base en programas de mejoramiento que busquen el desarrollo de plantas que toleren condiciones de anegamiento y presenten un rendimiento deseado.

La inundación tiene un efecto negativo sobre la mayoría de plantas terrestres debido a que reduce su crecimiento e induce la senescencia. La deficiencia de oxígeno, efecto principal de la inundación, cambia el metabolismo de la planta induciendo la vía anaeróbica o fermentativa como mecanismo alternativo, aunque poco eficiente para la producción de energía. Igualmente, el déficit de oxígeno aumenta la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS), tanto en la mitocondria como en el cloroplasto. Cuando la planta está sometida a largos periodos de inundación se presentan, adicionalmente, cambios morfológicos, como la formación de parénquima, los cuales son considerados respuestas a largo plazo (Jiménez et al., 2013).

En América Latina alrededor de 11,3% de las tierras cultivables presentan drenajes pobres principalmente porque la fisiografía promueve inundaciones, niveles freáticos altos o aguas superficiales (Wood et al., 2000). En suelos inundados, el potencial redox se disminuye (Balakhnina et al., 2010; Ryser et al., 2011; Abbaspour, 2012) lo cual es un indicador del bajo nivel de oxígeno presente, además se afecta la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Unger et al., 2009). La inundación inhibe la actividad de enzimas como la β -D-glucosidasa y

la fosfatasa, involucradas en los ciclos del carbono, nitrógeno, fósforo y azufre (Xiao-Chang y Qin, 2006) y se aumenta la concentración de etileno (Malik et al., 2003). Estas condiciones cambiantes en el suelo generan efectos negativos en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Es por esto que la investigación en mecanismos fisiológicos de adaptación de las plantas a condiciones de inundación puede servir como base en programas de mejoramiento que busquen el desarrollo de plantas que toleren condiciones de anegamiento y presenten un rendimiento deseado. Este trabajo tiene por objetivo evaluar en qué condiciones, periodo o época de inundación la *Brachiaria humidicola* presenta mejores características productivas después de la siembra y como objetivos específicos se establecieron evaluar el porcentaje de emergencia entre los diferentes tratamientos y determinar la MVT y MST de la planta completa a los 30 DDS días, además se realizaron las siguientes determinaciones altura de la planta, longitud de raíz, masa verde tallo, masa seca tallo y masa seca raíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio realizado es del tipo experimental cuantitativo. El experimento realizado fue llevado a cabo en el Campo Experimental (vivero) de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Concepción que se encuentra en la ruta V Gral. Bernardino Caballero y cuyas coordenadas son latitud sur 23°24'38'', y longitud 57°24'49''.

Las temperaturas alcanzaron una media de 22°C, con mínimas muy variables y máximas de más de 40°C. En función del tiempo seco en la mayor parte del año, la amplitud térmica es recalada, o sea, durante el día hay una gran diferencia entre la menor y la mayor temperatura. El suelo fue extraído de la parcela experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias, realizando diez muestreos simples a dos profundidades 0 – 10 cm y 10 – 20 cm, cada muestreo fue apartado, de esta forma cuando colocadas en las unidades experimentales, está represente la estructura de suelo de la parcela experimental.

Las características de suelo, según los resultados del análisis realizado en el laboratorio de suelos de la FCA-UNA-PJC, son cuanto sigue: pH agua: 5,53; M.O.(dag.kg⁻¹): 1,19; Al³⁺ (cmol⁽⁺⁾/kg): 0,00; P (mg kg⁻¹): 29,52; K (cmol⁽⁺⁾/kg): 0,19; Ca (cmol⁽⁺⁾/kg): 3,74; Mg (cmol⁽⁺⁾/kg): 0,65; S (mg/kg): 12,66; Fe (mg/kg): 79,97; Cu (mg/kg): 0,32; Zn (mg/kg):

2,76; B (mg/kg): 0,22; Mn (mg/kg): 4,00; Tex 17,00 % arcillosa..

El diseño experimental utilizado fue el Diseño Completamente al Azar (DCA), con 4 (cuatro) tratamientos (días después de la siembra) y 5 (cinco) repeticiones en total 20 unidades experimentales (UE). Las cajas de 35 cm de ancho x 50 cm largo x 30 cm de alto consistieron en las unidades experimentales, estuvieron recubiertas con lonas plásticas perforadas para filtraciones de agua. Fueron utilizadas veinte cajas, y cada cuadro fue considerado como una unidad experimental. Los tratamientos fueron los días posteriores a la siembra como se detalla en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos aplicados en el experimento.

Tratamientos	Días después de la siembra DDS
1	Testigo
2	10 días
3	20 días
4	30 días

Se utilizaron semillas de *Brachiaria humidicola* adquiridas en un local de ventas de productos agropecuarios. Además, se realizó el proceso de escarificación con agua caliente a una temperatura elevada, este proceso se utilizó para aumentar la germinación según metodología de Sanabria et al. (2001), ya que esta especie posee una fuerte latencia.

Se procedió a apartar las impurezas de las semillas de forma manual y luego se repartieron en cantidades iguales para cada tratamiento. La siembra fue realizada en cajas de 35 cm de ancho x 50 cm de largo y 30 cm de alto con una base de lona plástica, las mismas fueron cargadas con tierra de campo, de una profundidad de 30 cm aproximadamente y luego, las semillas fueron distribuidas en cada caja, de esta manera se simulaban las condiciones propias de campo.

La siembra fue realizada en líneas corridas a un centímetro de profundidad, la cantidad de semillas utilizada fue de 100 semillas, con un 32% de valor cultural.

Para las inundaciones, se procedió de la siguiente forma: las cajas de los tratamientos 1, 2 y 3 fueron inundadas hasta que el agua quedó acumulada a dos cm sobre la tierra, una sola vez. Posterior a eso se, esperó diez días para cada tratamiento, para retirar el agua y realizar las determinaciones.

Las evaluaciones fueron realizadas 10 días después de las inundaciones (tratamientos) 10 días después de la siembra, 20 días después de la siembra y 30 días después de la siembra. Al término, se procedió a extraer 5 muestras al azar, trasladadas al laboratorio para realizar las determinaciones.

Se realizaron las siguientes determinaciones:

Porcentaje de emergencia (%E): Se contabilizó el número de plántulas emergidas durante cada tratamiento, determinando mediante la siguiente fórmula $%E = (N^{\circ} \text{ de plántulas emergidas} / 100) \times 100$.

Longitud de la raíz y parte aérea: Se determinó durante cada evaluación de los tratamientos, midiéndose 5 plántulas en cada unidad experimental mediante una regla centimetrada y expresándose los valores en centímetros (cm).

Masa verde y masa seca: Se determinó a los 30 DDS pesando la planta entera de las 5 muestras extraídas al azar de cada unidad experimental para la masa verde, y luego introduciendo las mismas a una estufa a 65° C. durante 72 horas y así obtener la masa seca mediante el pesaje. Los valores fueron expresados en gramos (g).

Los datos registrados fueron sometidos a análisis de varianza (ANAVA) mediante el test F al 5% y en caso de observarse efecto significativo de tratamientos, se establecieron ecuaciones que mejor representaba el comportamiento de las medias dentro del experimento a través de las regresiones que presentaron diferencias significativas según el ANAVA realizado.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Porcentaje de emergencia

En la Figura 1 se detalla la regresión obtenida para la determinación porcentaje de emergencia en el pasto *Brachiaria humidicola* relacionando con los tratamientos que fueron la inundación en distintos días después de la siembra (DDS). La ecuación generada es $y = 0,047x^2 - 1,24 + 13,48^{**}$ así también el coeficiente de determinación (R^2) que fue de 0,92; es decir, el 92% de la suma de cuadrados totales de la determinación porcentaje de emergencia es explicada a través de la relación presentada en la Figura 1.

Como se puede observar en la figura de la ecuación obtenida, por cada 1,24 incrementado en la cantidad de días (DDS), se aumenta 13,48 en porcentaje de emergencia. En el T1 (testigo) T2 (10 DDS), T3 (20 DDS) y T4 (30 DDS) se

obtuvieron medias de 13%; 6%; 7% y 19% respectivamente.

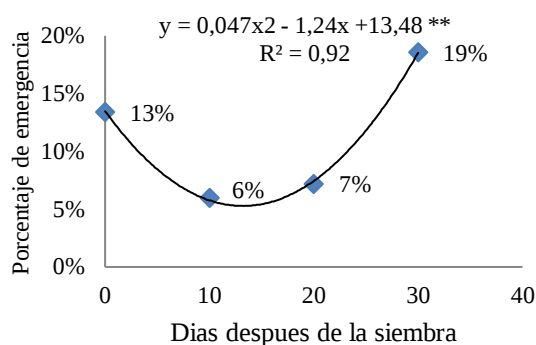


Figura 1. Porcentaje de emergencia de plantas de pasto *Brachiaria humidicola* con diferentes días después de la siembra (DDS) sometidas a inundación.

Los tratamientos T2 y T3 tuvieron una reducción en relación al T1, este comportamiento se pudo haber dado porque el testigo no recibió el efecto de la inundación que, según FAO y CIFOR, (2005), generan grandes repercusiones sobre los sistemas de producción agraria como también en el proceso de crecimiento y desarrollo de cualquier especie vegetal.

Masa verde

En la Figura 2 se detalla la regresión realizada para la determinación de la masa verde total en gramos en el pasto *Brachiaria humidicola* relacionando con los tratamientos (DDS).

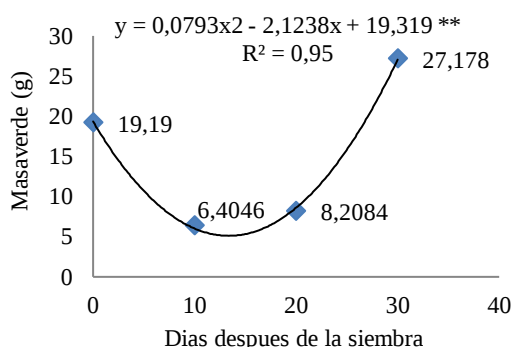


Figura 2. Masa verde total en gramos de plantas de pasto *Brachiaria humidicola* con diferentes días después de la siembra (DDS) sometidas a inundación.

La ecuación generada es $y = 0,0793x^2 - 2,1238x + 19,319^{**}$; así también el coeficiente de determinación (R^2) que fue de 0,95; es decir, el 95% de la suma de cuadrados totales de la determinación de Masa verde total en gramos es explicada a través de la relación lineal.

Como se puede observar en la Figura 2 de la ecuación obtenida, por cada 2,1238 incrementado en la cantidad de días (DDS), se aumenta 19,319 gramos en la masa verde total en gramos. En el T1 (testigo) T2 (10 DDS), T3 (20 DDS) y T4 (30 DDS) se obtuvieron medias de 19,19 g; 6,4046 g; 8,2084 g y 27,178 g respectivamente.

Masa seca

En la Figura 3 se detalla la regresión realizada para la determinación de masa seca total en gramos del pasto *Brachiaria humidicola* relacionando con los tratamientos (DDS). La ecuación generada es $y = 0,0579x^2 - 1,4750x + 12,826^{**}$; así también el coeficiente de determinación (R^2) que fue de 0,95; es decir, el 95% de la suma de cuadrados totales de la determinación Masa seca total en gramos es explicada a través de la relación lineal.

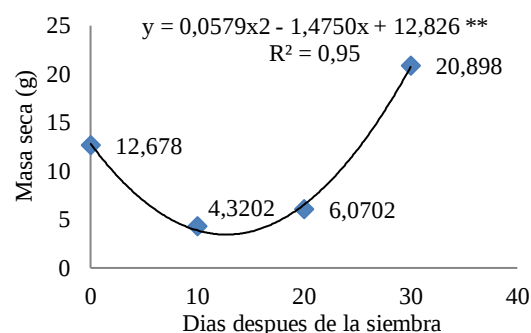


Figura 3. Masa seca total en gramos de plantas de pasto *Brachiaria humidicola* con diferentes días después de la siembra (DDS) sometidas a inundación.

Como se puede observar en la Figura 3 de la ecuación obtenida, por cada 1,4750 incrementado en la cantidad de días (DDS), se aumenta 12,826 gramos de masa seca total. En el T1 (testigo) T2 (10 DDS), T3 (20 DDS) y T4 (30 DDS) se obtuvieron medias de 12,678 g; 4,3202 g; 6,0702 g y 20,898 g respectivamente.

La difusión de oxígeno en suelos inundados es aproximadamente 10.000 veces más baja que en el aire, además el intercambio de gases entre la raíz sumergida y el ambiente es muy limitado (Colmer, 2003). Bajo inundación, el aire en los poros del suelo es reemplazado por el agua y el oxígeno es consumido rápidamente por la respiración de las raíces y la actividad microbial. Este déficit de oxígeno inhibe la respiración mitocondrial, la oxidación y los

procesos de oxigenación (Koppitz, 2004), viéndose notablemente afectado el metabolismo de la planta (Sairam et al., 2008).

Entre los síntomas más frecuentes generados por la inundación en *Brachiaria* se encuentran: disminución de la actividad fotosintética, disminución del crecimiento, reducción de absorción y transporte de nutrientes, reducción de translocación de carbohidratos, clorosis, cierre estomático, muerte de hojas, tallos y raíces (Dias-Filho, 2006). Aunque son diversos los daños ocasionados a las plantas por la inundación, también existen múltiples mecanismos que presentan las plantas para hacer frente a las condiciones anaeróbicas del suelo (Jiménez et al., 2013).

CONCLUSIÓN

Según los datos obtenidos y análisis realizados se concluye que:

El periodo que menos tiene impacto negativo la inundación en la *Brachiaria humidicola*, es cuando la pastura tiene 30 días después de siembra, en vista a que en el experimento el T4 tuvo mejores resultados en las determinaciones Porcentaje de emergencia, Masa verde total y Masa seca total.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbaspour, A. (2012). Fractionation of copper in soils as influenced by waterlogging and application of crop residues. *Iranian Journal of Soil Research (Soil and Water Science)*, 25(4), 295–306. <https://doi.org/10.22092/ijsr.2012.126494>
- Balakhnina, T. I., Bennicelli, P., Stepniewska, Z., Stepniewski, W., & Fomina, I. R. (2010). Oxidative damage and antioxidant defense system in leaves of *Vicia faba* major L. cv. Bartom during soil flooding and subsequent drainage. *Plant and Soil*, 327(1–2), 293–301. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0054-6>
- Colmer, T. D. (2003). Long-distance transport of gases in plants: A perspective on internal aeration and radial oxygen loss from roots. *Plant, Cell & Environment*, 26(1), 17–36. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2003.00846.x>
- Dias-Filho, M. B. (2006). *Opções forrageiras para áreas sujeitas ao encharcamento ou alagamento temporário* (Documento No. 239). Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. Recuperado de <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/664313>
- FAO & CIFOR. (2005). *Forests and floods: Drowning in fiction or thriving on facts?* (RAP Publication 2005/03; Forest Perspectives 2). Recuperado de https://www.cifor-icraf.org/publications/pdf_files/Books/BCIFOR0501.pdf
- Jiménez, S. J., Moreno, F. L., & Magnitskiy, S. (2013). Respuesta de las plantas a estrés por inundación: Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 6(1), 96–109. <https://doi.org/10.17584/rcch.2012v6i1.1287>
- Koppitz, H. (2004). Effects of flooding on the amino acid and carbohydrate patterns of *Phragmites australis*. *Limnologica*, 34(1–2), 37–47. [https://doi.org/10.1016/S0075-9511\(04\)80020-3](https://doi.org/10.1016/S0075-9511(04)80020-3)
- Malik, A. I., Colmer, T. D., Lambers, H., & Schortemeyer, M. (2003). Aerenchyma formation and radial O₂ loss along adventitious roots of wheat with only the apical root portion exposed to O₂ deficiency. *Plant, Cell & Environment*, 26(10), 1713–1722. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2003.01089.x>
- Olivera, Y., Machado, R., Del Pozo, P. P., Ramírez, J., & Cepero, B. (2006). Caracterización y selección de accesiones en una colección de *Brachiaria*. *Pasturas Tropicales*, 25(3), 55–60. Recuperado de https://www.tropicalgrasslands.info/public/journals/4/Elements/DOCUMENTS/2006-vol28-rev1-2-3/Vol_28_rev3_06_pags_55-60.pdf
- Ryser, P., Gill, H. K., & Byrne, C. J. (2011). Constraints of root response to waterlogging in *Alisma triviale*. *Plant and Soil*, 343(1–2), 247–260. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0715-0>
- Sairam, R. K., Dharmar, K., Chinnusamy, V., & Meena, R. C. (2009). Waterlogging-induced increase in sugar mobilization, fermentation, and related gene expression in the roots of mung bean (*Vigna radiata*). *Journal of Plant Physiology*, 166(6), 602–616.

- <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2008.09.005>
- Sanabria, D., Silva, R., Oliveros, M., & Barrios, R. (2001). Escarificación química y térmica de semillas subterráneas de *Centrosema rotundifolium*. *Revista Bioagro*, 13(3), 117–124. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/857/85713305.pdf>
- Unger, I. M., Motavalli, P. P., & Muzika, R. M. (2009). Changes in soil chemical properties with flooding: A field laboratory approach. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 131(1–2), 105–110. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.09.013>
- Wood, S., Sebastian, K., & Scherr, S. (2000). Soil resource condition. En S. Wood, K. Sebastian, & S. Scherr (Eds.), *Pilot analysis of global ecosystems: Agroecosystems* (pp. 45–54). Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute and World Resources Institute. Recuperado de <https://cdi.mecon.gob.ar/bases/docele/c/dp1022.pdf>
- Xiao-Chang, W., & Qin, L. (2006). Effect of waterlogged and aerobic incubation on enzyme activities in paddy soil. *Pedosphere*, 16(4), 532–539. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(06\)60085-4](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(06)60085-4)
- Yang, M., Li, D., & Li, W. (2007). Leaf gas exchange characteristics and chlorophyll fluorescence of three wetland plants in response to long-term soil flooding. *Photosynthetica*, 45(2), 222–228. <https://doi.org/10.1007/s11099-007-0036-y>