

Optimización de las condiciones de germinación de cuatro especies de pastos tropicales

II *Brachiaria humidicola* y *panicum maximum*

Carlos Gutiérrez¹
Jorge Herrera²
Ramiro Alizaga³

*En Costa Rica, una gran parte de las explotaciones ganaderas aún se realizan con pasturas nativas, generalmente sin procesos de selección o con introducciones como el pasto ratana (*Ischaemun ciliare*) y otros pastos de los géneros *Axonopus spp.* y *Paspalum spp.*, que presentan una baja producción de biomasa y un bajo contenido nutricional*

Palabras clave

Brachiaria humidicola, *Panicum maximum*, germinación, temperatura de germinación, sustrato de germinación, reposo de semillas, latencia de semillas.

Resumen

Se evaluó el efecto de diferentes condiciones ambientales y de sustrato sobre la germinación de semilla de los pastos *Brachiaria humidicola* y *Panicum maximum*. Los sustratos evaluados fueron: papel, turba y suelo; las condiciones de temperatura fueron: continua a 30 °C y alterna con 8h a 20 °C y 16 h a 30° C. Se utilizaron diferentes contenidos de humedad en los sustratos: papel saturado, turba con 30, 45 y 60%, y suelo con 10, 20 y 30%. Se evaluó el porcentaje de germinación a los 3, 14 y 22 días, la longitud de la plúmula a los 5 días y el peso seco de las plántulas a los 7 días de la

siembra. En *P. maximum* la temperatura no afectó la germinación, mientras que en *B. humidicola* la temperatura alterna favoreció un mayor porcentaje de plántulas normales. El mayor peso seco y longitud de plúmula se obtuvo con 30 °C. En *B. humidicola* el mejor sustrato fue turba y en *P. maximum* papel. La humedad de la turba no tuvo efecto sobre la germinación, en suelo fue crítica únicamente en *P. maximum* con 10% de humedad. La menor longitud se alcanzó en *P. maximum* en papel, mientras que en *B. humidicola* en suelo.

Introducción

En Costa Rica, una gran parte de las explotaciones ganaderas aún se realizan con pasturas nativas, generalmente sin procesos de selección o con introducciones como el pasto ratana (*Ischaemun ciliare*) y otros pastos de los géneros *Axonopus spp.* y *Paspalum spp.*, que presentan una baja producción de biomasa y un bajo

1. Fallecido. Graduado de la Escuela de Agronomía de la Universidad de Costa Rica.
2. Investigador del Centro para Investigaciones en Granos y Semillas CIGRAS. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
Correo electrónico: jherrera@cariari.ucr.ac.cr
3. Investigador del Centro para Investigaciones en Granos y Semillas CIGRAS. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

contenido nutricional (Ibrahim, 1994, citado por Casasola, 1998).

Entre los pastos introducidos se ha determinado que especies del género *Brachiaria*, así como *Panicum maximum* son los más promisorios dentro de las gramíneas forrajeras, debido a que presentan una alta capacidad adaptativa a factores climáticos como temperatura y humedad y a distintas condiciones químicas y físicas del suelo tales como fertilidad, acidez y textura (Fernandez *et al.*, 1995; Hernández *et al.*, 1995; Vallejos *et al.*, 1989).

Con el fin garantizar buenas pasturas, es necesario el empleo de una buena semilla, cuya calidad fisiológica debe determinarse mediante una prueba de germinación aplicada en condiciones adecuadas. Para ello, es necesario regular una serie de factores, tales como buena disponibilidad de agua en el sustrato. Según la International Seed Testing Association (ISTA, 1999) en todo momento el sustrato debe estar lo suficientemente húmedo para suministrar el agua que las semillas necesitan para su imbibición, teniendo cuidado de que no se llegue a formar una película de agua alrededor de estas.

Otro factor importante en la germinación es la temperatura, especialmente la temperatura alta cuando se usan temperaturas alternas, pues puede provocar la reducción o inhibición de la germinación en muchas semillas (Cantliffe, 1998). La temperatura a la que se deben mantener las semillas es aquella en la que se obtenga la germinación más rápida y más completa posible. Las temperaturas para pruebas de especies tropicales oscilan entre 15 y 35 °C y puede ser constante o alterna (Thomson, 1979). En un régimen de temperaturas alternas, la fase de mayor temperatura debe ser sometida a fuerte iluminación, y la fase fría a oscuridad o luz débil, ya que la combinación de temperatura alta y oscuridad podría inducir más tarde la latencia (Thomson, 1979).

Las pruebas de germinación se pueden efectuar en diferentes sustratos, a saber papel, arena, turba o tierra. Las semillas se pueden colocar entre o sobre el sustrato. Cabe mencionar que la arena es más adecuada para semillas grandes, porque las semillas pequeñas sin germinar son difíciles de encontrar al final de la prueba (Thomson, 1979).

En muchas semillas de pastos se presenta reposo causado por un inhibidor de la actividad metabólica presente en el embrión. Su influencia es más fuerte en semillas frescas y decae con la edad (Harty *et al.*, 1983). También se presenta reposo debido a impermeabilidad de la cubierta seminal al agua. Los tratamientos usuales para remover la latencia son: soluciones de nitrato de potasio, escarificación ácida y escogencia de una apropiada temperatura en el germinador.

Este trabajo se realizó con el fin encontrar las condiciones más adecuadas para realizar los análisis de la calidad de la semilla en los géneros *Brachiaria humidicola* y *Panicum maximum*.

Materiales y métodos

Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Semillas del Centro de Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS) de la Universidad de Costa Rica. Se utilizaron semillas de *B. humidicola* y de *P. maximum* procedentes de lotes comerciales. Con el propósito de seleccionar lotes con altos porcentajes de germinación, se realizaron pruebas preliminares de germinación en una cámara con alternancia de temperatura: 8 horas a 20 °C en oscuridad y 16 horas a 30 °C con luz. Como sustrato se usó papel para germinación.

En el caso de *B. humidicola* se realizó una serie de tratamientos para aumentar la germinación, ya que esta especie posee una fuerte latencia; los tratamientos y resultados se resumen en el cuadro 1.

Este trabajo se realizó con el fin encontrar las condiciones más adecuadas para realizar los análisis de la calidad de la semilla en los géneros Brachiaria humidicola y Panicum maximum.

Cuadro 1. Efecto de los tratamientos para interrumpir la latencia sobre el porcentaje de germinación en semilla de *B. humidicola*

Tratamientos		% Germinación al día 7
Testigo		19,5
Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄)	5 minutos	32,5
	10 minutos	26
Cianamida hidrogenada (CH ₂ N ₂)	5 minutos	12,5
	10 minutos	6,5
(H ₂ SO ₄) 5 minutos	+ (CH ₂ N ₂) 5 minutos	7,5
	+ (CH ₂ N ₂) 10 minutos	1,5
(H ₂ SO ₄) 10 minutos	+ (CH ₂ N ₂) 5 minutos	6
	+ (CH ₂ N ₂) 10 minutos	0

De acuerdo con los resultados obtenidos, se escogió el tratamiento de ácido sulfúrico concentrado durante 5 minutos.

Para determinar condiciones favorables para la germinación, se usaron tres sustratos: papel para germinación, suelo, y turba (una mezcla comercial de 60 a 70% turba de *Sphagnum* canadiense, vermiculita, piedra dolomítica, yeso y un agente hidratante).

Se utilizaron tres porcentajes de humedad en suelo y turba: 10, 20 y 30% en suelo y 30, 45 y 60% en turba. En el caso del papel, la semilla se colocó sobre el sustrato saturado de humedad. El porcentaje deseado de humedad en los sustratos suelo y turba se alcanzó en forma gravimétrica.

Se evaluaron dos condiciones de temperatura: alternancia de ocho horas a 20 °C en oscuridad y dieciséis horas a 30 °C con iluminación y temperatura continua de 30 °C con iluminación.

Cada unidad experimental consistió de 100 semillas con cuatro repeticiones. Se evaluaron las siguientes variables: porcentaje de germinación *sensu stricto* (emergencia de la radícula) a los 3 días de la siembra, longitud de la plúmula a los 5 días de la siembra, peso seco de las plántulas a los 7 días de la siembra (secado en una estufa a 60 °C por 48 horas) y porcentaje de germinación a los 14 y 22 días de la siembra

Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de variancia en un diseño irrestricto al azar y la separación de medias se hizo mediante una prueba de Diferencia Mínima Significativa (d.m.s.).

Resultados

Brachiaria humidicola

A los tres días, hubo diferencias significativas ($P>0,05$) en la germinación *sensu stricto*, de manera que en el sustrato suelo (figura 1) fue menor (7,1%) que en turba o papel (12,3% promedio). A los 22 días los mayores resultados en germinación ($P>0,05$) se obtuvieron en turba (23,5%) y no se detectaron diferencias significativas entre los otros dos sustratos (17,7% promedio).

La longitud de la plúmula al quinto día también resultó mayor ($P>0,05$) en turba y papel (2,1 cm promedio), mientras que la menor longitud se presentó cuando se utilizó suelo (1,1 cm).

Por el contrario, el peso seco al séptimo día no difirió en los tratamientos de turba y suelo (0,5 g/100 plántulas promedio) y fue menor en papel (0,3 g/100 plántulas).

El estudio de la interacción entre el sustrato y la temperatura de germinación mostró que no hubo diferencias significativas en la germinación a los tres días (figura 2). Por el contrario, a los 22 días la alternancia de temperaturas produjo la mayor germinación en todos los sustratos (24,8% promedio, $P>0,05$).

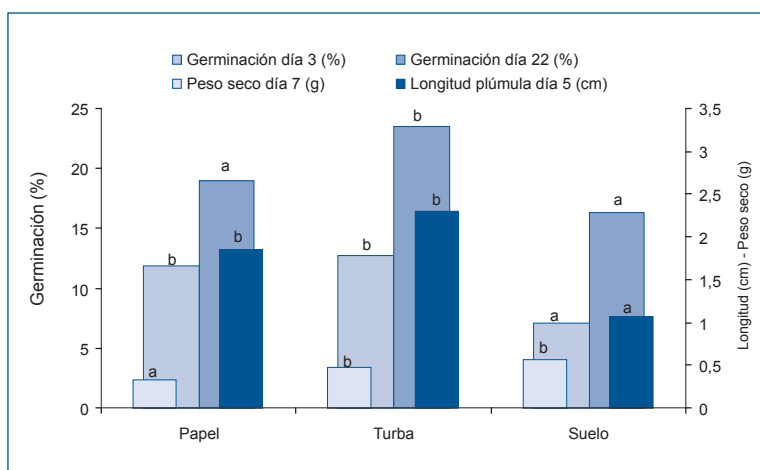


Figura 1. Efecto del sustrato sobre las variables evaluadas en semillas de *Brachiaria humidicola*.

* Columnas con la misma letra en la misma variable no fueron distintas (d.m.s. $\alpha=0,05$).

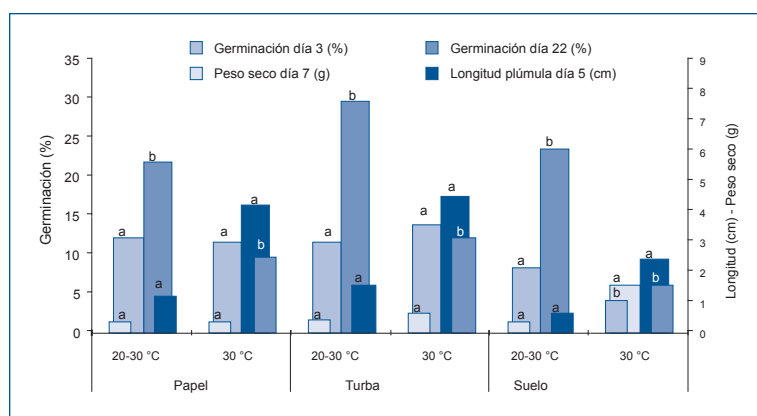


Figura 2. Efecto de la interacción temperatura vs. sustrato sobre las variables evaluadas en semillas de *Brachiaria humidicola*.

* Columnas con la misma letra en la misma variable fueron distintas entre sí (d.m.s. $\alpha=0,05$).

La longitud de la plúmula siempre fue significativamente mayor ($P>0,05$) a 30 °C continuos (2,4 cm promedio), lo mismo que el peso seco (0,8 g/100 plántulas promedio), salvo en el caso del papel, donde fue similar en ambos regímenes de temperatura (0,3 g/100 plántulas promedio, figura 2).

Al comparar las dos condiciones de temperatura, no se observó diferencias

significativas de germinación al tercer día entre tratamientos (10,2% promedio, figura 3). Sin embargo, a los 22 días el porcentaje de germinación fue significativamente mayor ($P>0,05$) con alternancia de temperatura (25,8%).

Tanto la longitud de la plúmula (2,4 cm promedio) como el peso seco (0,6 g/100 plántulas promedio) fueron significativamente mayores ($P>0,05$) a 30 °C (figura 3).

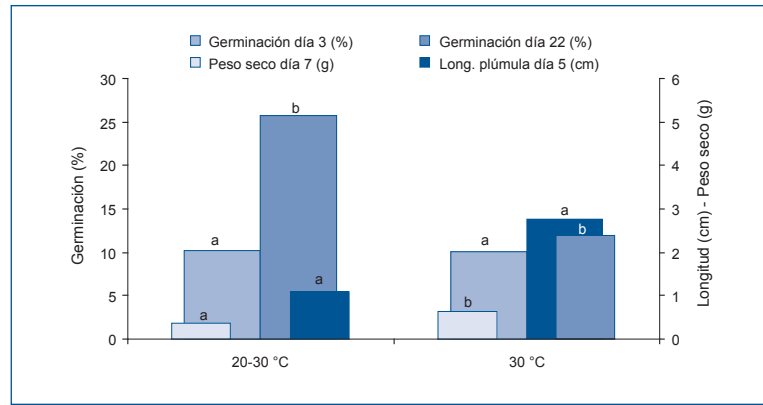


Figura 3. Efecto de la temperatura sobre las variables evaluadas en semillas de *Brachiaria humidicola*.

* Columnas con la misma letra en la misma variable no fueron distintas entre sí (d.m.s. $\alpha=0,05$).

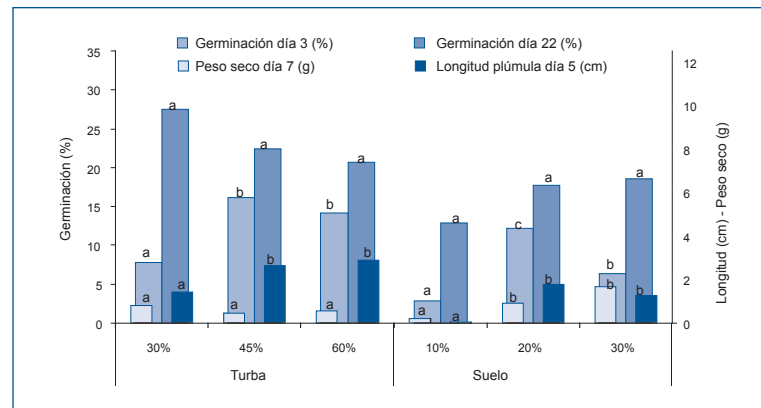


Figura 4. Efecto de la interacción porcentaje de humedad vs. sustrato sobre las variables evaluadas en semillas de *Brachiaria humidicola*.

* Columnas con la misma letra en la misma variable no fueron distintas (d.m.s. $\alpha=0,05$).

Al considerar la relación entre el sustrato y la humedad de este, se determinó que la germinación en turba fue significativamente menor ($P>0,05$) con 30% de humedad al tercer día de evaluación (7,8%) y no se detectó diferencias entre 45% y 60% de humedad (15,2% promedio) (figura 4). En suelo la mayor germinación ($P>0,05$) se obtuvo con 20% de humedad (12,2%) sobre los otros dos porcentajes que también se diferenciaron entre sí. A los 22 días de iniciada la prueba, no hubo diferencias significativas entre los porcentajes de

humedad en ninguno de los dos sustratos (23,5% en turba y 16,3% en suelo en promedio), aunque tanto en turba (27,5%) como en suelo (18,5%) la germinación fue aparentemente mayor con 30% de humedad.

La mayor longitud de plúmula se obtuvo en turba con 45% y 60% (2,6 y 2,9 cm respectivamente) sin que se diferenciaron significativamente, mientras que la menor longitud ($P>0,05$) se observó con 30% de humedad (1,4 cm). En suelo no hubo

diferencias en la longitud de la plúmula con 20% y 30% de humedad (1,5 cm promedio); la menor longitud ($P>0,05$) se dio con 10% de humedad (0,05 cm).

El peso seco fue similar entre los diferentes porcentajes de humedad usados en la turba (0,6 g/100 plántulas promedio). En suelo fue mayor con 20% y 30% de humedad (0,9 y 1,6 g/100 plántulas, respectivamente).

Panicum maximum

Con el uso de papel se obtuvieron los mayores resultados en la germinación de *Panicum maximum*, tanto a los tres días (50,3%) como a los 22 días (56,7%) los valores fueron significativamente diferentes ($P>0,05$) a los otros sustratos (figura 5). Entre la turba y el suelo no se presentaron diferencias significativas (38,5% promedio).

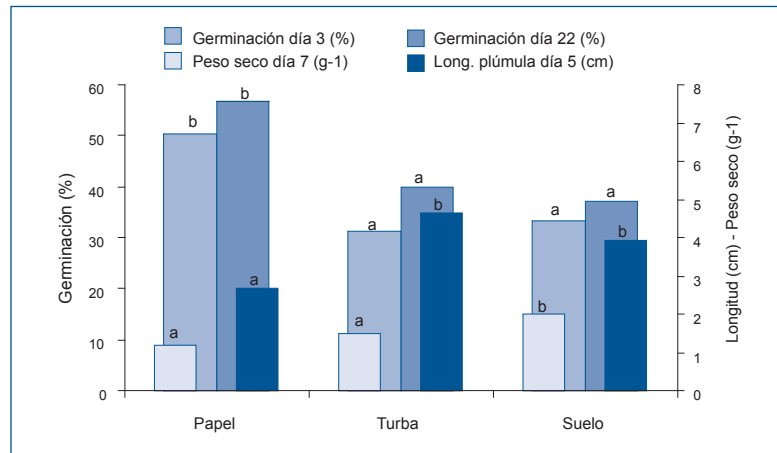


Figura 5. Efecto del sustrato sobre las variables evaluadas en semillas de *Panicum maximum*.

* Columnas con la misma letra en la misma variable no fueron distintas (d.m.s. $\alpha=0,05$).

La mayor longitud de la plúmula se observó con el uso de turba (4,6 cm), ligeramente superior a lo obtenido con suelo (3,9 cm). Solo con el uso de papel se obtuvo una longitud (2,7 cm) significativamente menor ($P>0,05$).

El peso seco fue mayor ($P>0,05$) en suelo (2 g/100 plántulas), en comparación con el obtenido en papel y turba (1,4 g/100 plántulas promedio).

En el análisis de la interacción sustrato vs. temperaturas de germinación (figura 6) se encontró que la mayor germinación se obtuvo con el uso de papel y temperatura alterna (61,3%) a los 22 días de iniciada la prueba, ya que a los

3 días no hubo diferencias. En turba, en ambas evaluaciones la germinación fue significativamente mayor a 30 °C, mientras que en suelo no se detectaron diferencias.

Independientemente del sustrato, la longitud de la plúmula siempre fue significativamente mayor ($P>0,05$) a 30 °C (5 cm promedio). El peso seco, por su parte, fue mayor ($P>0,05$) en temperaturas alternas en papel (1,4 g/100 plántulas) y suelo (3 g/100 plántulas), aunque a 30 °C fue mayor en turba (1,7 g/100 plántulas, figura 6).

No se encontró efecto sobre el porcentaje de germinación entre ambas temperaturas al tercer día (34,9% promedio) ni a los 22 días (41,12% promedio) (figura 7).

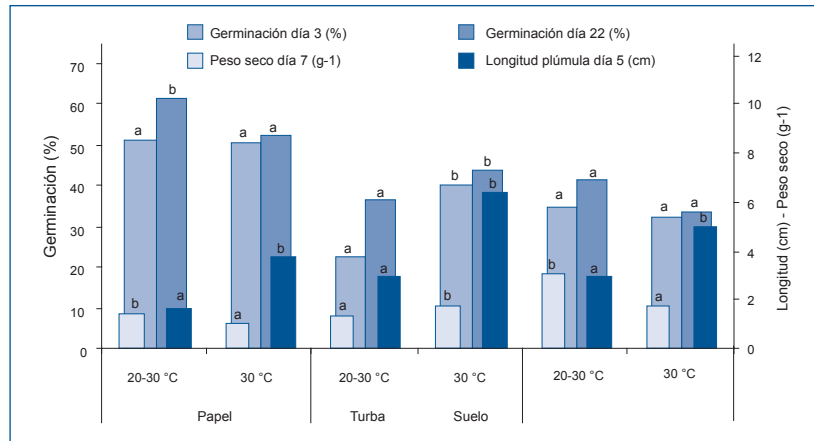


Figura 6. Efecto de la interacción temperatura vs. sustrato sobre las variables evaluadas en semillas de *Panicum maximum*.

* Columnas con la misma letra en la misma variable fueron distintas (d.m.s. $\alpha=0,05$).

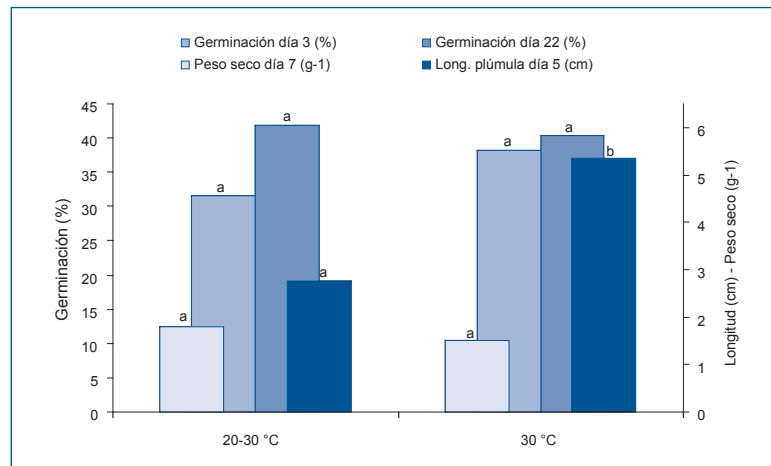


Figura 7. Efecto independiente de la temperatura sobre las variables evaluadas en semillas de *Panicum maximum*.

* Columnas con la misma letra en la misma variable no fueron distintas (d.m.s. $\alpha=0,05$).

Con respecto al peso seco, este fue similar en ambos tratamientos de temperatura (1,6 g/100 plántulas promedio). Sin embargo, con el uso de 30 °C continuos se favoreció una mayor longitud de la plántula (5,35 cm, $P>0,05$, figura 7).

En el estudio de la interacción sustrato vs. humedad del sustrato (figura 8), se encontró que a los tres días de iniciada

la prueba, la germinación en turba fue significativamente menor ($P>0,05$) con 30% de humedad (21,3%), sin detectarse diferencias entre los otros dos porcentajes (36,2% promedio). En suelo, hubo diferencias significativas ($P>0,05$) entre los tres porcentajes de humedad; se obtuvo la mayor germinación con 20% de humedad (50,3%) y la menor germinación con 10% de humedad (10,2%).

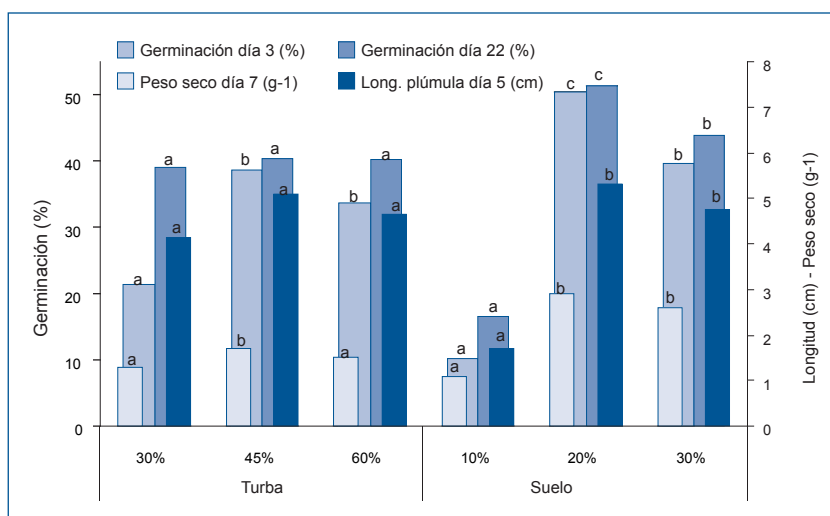


Figura 8. Efecto de la interacción porcentaje de humedad vs. sustrato sobre las variables evaluadas en semillas de *Panicum maximum*.

* Columnas con la misma letra en la misma variable no fueron distintas (d.m.s. $\alpha=0,05$).

A los 22 días no se detectaron diferencias significativas entre los porcentajes de humedad en turba (39,8% promedio). En suelo, la mayor germinación ($P>0,05$) se obtuvo con 20% de humedad (51,3%) sobre los otros dos porcentajes que también se diferenciaron entre sí, la menor germinación se dio con 10% de humedad (16,5%).

La longitud de plúmula no presentó diferencias significativas entre los porcentajes de humedad en el sustrato turba (4,63 cm promedio). En suelo únicamente hubo diferencias significativas con 10% de humedad, que fue menor (1,7 cm, $P>0,05$), que con los otros dos porcentajes (5 cm promedio).

El peso seco al séptimo día fue mayor ($P>0,05$) con 45% de humedad en turba (1,7 g/100 plántulas) sobre los otros dos porcentajes que no presentaron diferencias entre sí (1,4 g/100 plántulas promedio). En suelo el menor peso seco ($P>0,05$) se obtuvo con 10% de humedad (1,1 g/100 plántulas), sin que se detectara diferencia entre 20% y 30% de humedad, en los

cuales el peso promedio fue mayor (2,8 g/100 plántulas promedio).

Discusión

El estado fisiológico de la semilla afectó en forma directa los resultados obtenidos en las pruebas de germinación, variando en aspectos como el número, la velocidad y el desarrollo de las plántulas. En el caso de *B. humidicola*, los resultados no fueron altos debido a problemas en la viabilidad de la semilla, la cual en una prueba de viabilidad con tetrazolio realizada previamente a los experimentos, se encontró que su viabilidad era 54% únicamente. Sin embargo, tuvo que utilizar este lote, ya que fue el que presentó mayor germinación.

También las características genéticas de cada lote influyeron sobre los resultados obtenidos y aun dentro del mismo género *Brachiaria*, como se vio en ambos artículos de esta serie, las diferentes especies respondieron en forma particular a las condiciones de germinación evaluadas en los tratamientos; esto, debido a la

diversidad de orígenes y naturaleza de cada una de ellas.

El efecto del sustrato sobre la germinación de las semillas varió entre las especies de *B. humidicola* y *P. maximum*. En este trabajo, al igual que en el anterior, realizado con otras especies del género *Brachiaria*, se determinó que la turba fue el sustrato que permitió el porcentaje de germinación más en este género. Posiblemente, esto se debe a que el utilizar la turba como sustrato permitió un mejor aprovechamiento del agua y del aire por parte de las semillas para iniciar su proceso germinativo. Asimismo, en los tratamientos sobre papel la germinación fue tan alta como en turba ya que el agua y el aire están completamente disponibles para el proceso de imbibición de las semillas. Faeth (1980) indica que debido a que las condiciones de suelo son tan variables, existe la posibilidad de que los resultados de los ensayos presenten mayor variación que cuando se utiliza arena como sustrato, condición que efectivamente se presentó en este estudio.

Una situación contraria se presentó en la germinación de *P. maximum*, tanto al tercer día como a los 22 días, ya que el mayor porcentaje de germinación se obtuvo siempre en papel. No se puede precisar la razón para este comportamiento; sin embargo, se puede deber a que la especie tiene una mayor necesidad de luz, en este sustrato la semilla está totalmente expuesta, lo que no se da en los otros dos sustratos. También se forma una película de agua en la parte inferior de la semilla que no sucede en el suelo o en la turba, debido a que el contacto con el agua es menor por la fracción sólida de estos sustratos.

La turba y el suelo resultaron mejores sustratos para evaluar crecimiento y desarrollo de las plántulas. Esto puede deberse a que, como reportan Guevara *et al.* (1997), las semillas que crecen en papel están completamente expuestas a la luz y, por lo tanto, no requieren elongar el

hipocótilo tanto como las que crecen en los otros dos medios. Asimismo, tanto la turba como el suelo permiten una mayor absorción de agua y nutrimentos debido a que hay una mayor adherencia del sistema radical. La especie de *B. humidicola* difirió de estos resultados al presentar menor longitud de la plúmula en suelo y no diferenciarse entre papel y turba.

El efecto del sustrato papel sobre el peso seco de las plántulas fue muy similar al descrito para la longitud de la plúmula, debido a que la absorción de agua es menor que cuando se usan los otros dos sustratos, pues el desarrollo del sistema radical es notablemente menor. Además, es posible que en suelo y turba se dé alguna absorción de nutrimentos.

En *P. maximum* la temperatura tuvo poco efecto sobre la germinación, mientras que en *B. humidicola* la temperatura alterna favoreció un mayor porcentaje de plántulas normales a los 22 días, en razón de posiblemente que estas semillas presentaban un mayor grado de latencia, por lo que la temperatura alterna mostró un efecto positivo sobre la germinación. Además, hay especies que responden mejor que otras al efecto de la alternancia de temperaturas sobre el metabolismo germinativo (ISTA, 1999). Este resultado es concordante con el obtenido por Herrera (1997) en semillas de *Brachiaria dictyoneura*, las cuales también presentan una barrera física que inhibe la germinación y que puede ser eliminada por escarificación física o química. Pérez y Martínez-Laborde (1994) indican que la latencia se rompe por medio de la temperatura solo cuando las semillas están parcial o totalmente saturadas y el tiempo que se requiere para la saturación varía dependiendo de cuán permeables sean las cubiertas de la semilla.

Asimismo, a los 22 días se observó un efecto de la interacción sustrato y temperatura, la germinación de *P. maximum* sobre papel resultó mayor con alternancia de temperaturas, posiblemente debido a que

El efecto del sustrato papel sobre el peso seco de las plántulas fue muy similar al descrito para la longitud de la plúmula, debido a que la absorción de agua es menor que cuando se usan los otros dos sustratos, pues el desarrollo del sistema radical es notablemente menor. Además, es posible que en suelo y turba se dé alguna absorción de nutrimentos.

Como se señaló anteriormente, los porcentajes de humedad utilizados en los sustratos turba y suelo no son comparables entre sí, debido a las características propias de cada material.

en un lote de semillas de esta especie, la respuesta de estas no es uniforme ya que provienen de plantas diferentes con diversos grados de maduración, por lo que la germinación se presenta escalonada conforme las semillas pierden la latencia, ya sea por diferencias en la permeabilidad de la cubierta o por las condiciones en las que maduraron en la planta madre (Bewley y Black, 1994; Machado, 1998).

El efecto de la temperatura sobre la longitud de las plántulas es muy claro y fue mayor a 30 °C continuos en todos los sustratos evaluados. Berghage (1998) establece que la temperatura promedio diaria es uno de los principales factores que influyen sobre la longitud de la planta; asimismo, la magnitud y naturaleza de la respuesta a la temperatura está influida por las especies y los cultivares.

El efecto de la temperatura sobre el peso seco de las plántulas en cada sustrato varió de acuerdo con la especie y además se dieron resultados disímiles en cada sustrato. Estas respuestas diferenciales a la temperatura en cada sustrato podrían estar asociadas con el origen de las semillas, pues hay un efecto de las condiciones en las que se desarrollan las plantas de una determinada variedad sobre la temperatura óptima de germinación; asimismo, son importantes las condiciones bajo las cuales se desarrolló y maduró la semilla (Bewley y Black, 1994).

Como se señaló anteriormente, los porcentajes de humedad utilizados en los sustratos turba y suelo no son comparables entre sí, debido a las características propias de cada material.

La humedad del sustrato prácticamente no tuvo efecto sobre la germinación en turba. Al tercer día de iniciadas las pruebas, la germinación fue menor con 30% de humedad en ambas especies. A los 22 días no se presentaron diferencias entre los porcentajes de humedad en *B. humidicola* y *P. maximum*. Estos resultados son debidos

a las necesidades propias de cada material, ya que como en el caso de la temperatura hay un ámbito en el cual la germinación puede ocurrir sin problema e igualmente existe un porcentaje de humedad óptimo que puede diferir con cada especie (Bewley y Black, 1994).

Según Argo (1998), materiales orgánicos tales como la turba tienden a ser hidrófobos. Las fibras de la turba actúan como una mecha, moviendo la humedad interna por capilaridad a la superficie donde la evaporación es más rápida. Sin embargo, la evaporación se limitó simplemente manteniendo una alta humedad relativa sobre la superficie del medio. La turba tiene una elevada capacidad de retención de agua (10 tantos de su peso seco), al igual que la vermiculita (de 400 a 500 cc x dm³). Se observó que tanto en la turba como en el suelo, la humedad del sustrato fue la misma desde el principio de los ensayos hasta finalizados los 22 días, aunque en apariencia la turba presentaba menor porcentaje de humedad en la superficie.

En suelo, por el contrario, el efecto de la humedad fue muy evidente, debido a la elección de los porcentajes de humedad evaluados. El tratamiento de 10% de humedad correspondió a una retención de agua por encima del punto de marchitez permanente, y el tratamiento con 30% de humedad fue en suelo saturado de agua que provocó una capa de agua alrededor de la semilla que en algunos casos afectó la germinación, posiblemente limitando el intercambio de gases durante el inicio de las pruebas. Es por eso que al tercer día el mayor porcentaje de germinación se obtuvo con 20% de humedad en ambas especies; este porcentaje está dentro del ámbito de la capacidad de campo con una retención de agua en el suelo de solo 2,5 bares aproximadamente. A los 22 días este tratamiento fue mejor en *P. maximum*.

En *B. humidicola* el porcentaje de humedad afectó la longitud de la plúmula y el peso seco y fue menor con 30% de humedad en turba. Por el contrario, en suelo la longitud

de la plúmula fue menor con 10% de humedad en ambas las especies, debido a que, como se mencionó antes, este tratamiento estuvo por debajo del punto de marchitez permanente y no permitió a las plántulas absorber el agua necesaria para su buen desarrollo.

Se observó una concordancia entre la longitud de la plúmula y el peso seco de la plántula en el sustrato suelo, ya que los tratamientos con 10% y 30% de humedad no beneficiaron ni la germinación ni el desarrollo posterior de las semillas. Sin embargo, esto no fue igual en el sustrato turba, ya que aunque los porcentajes de humedad no afectaron la longitud de la plúmula, si lo hicieron en su peso seco, tendiendo a ser mayor con menor porcentaje de humedad. Esto puede deberse a que al haber menor disponibilidad de agua en el medio, se estimula un mayor crecimiento del sistema radical (Salisbury y Ross, 1992), que puede ser, en este caso, el que incrementó el peso seco en estos tratamientos. Solamente en *P. maximum* el peso seco de la plántula fue mayor con 45% de humedad, posiblemente debido a que esta especie siempre mostró un mejor comportamiento con mayor porcentaje de humedad, incluso en el sustrato suelo.

Bibliografía

- Argo, W. R. 1998. "Root Medium Physical Properties". *Hortechology* 8(4): 481-485.
- Berghage, R. 1998. "Controlling Height with Temperature". *Hortechology* 8(4): 535-539.
- Bewley, J. A.; Black, M. 1994. *Seed: Physiology of development and germination*. 2nd ed. Plenum Press, New York. 445 pp.
- Cantliffe, D. J. 1998. "Seed: Germination for Transplants". *Hortechology* 8(4): 499-503.
- Casasola, F. R. 1998. Efecto de la humedad del suelo sobre la anatomía y morfología de cuatro introducciones de *Brachiaria spp.* Tesis presentada para optar por el título de Licenciado en Ingeniería Agronómica con énfasis en Fitotecnia. Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Sede del Atlántico. 65 pp.
- Faeth, J. 1980. Germinación de semillas. Mimeo. Curso Tecnología de Semillas. Facultad de Agronomía, Escuela de Fitotecnia, Universidad de Costa Rica. 15 pp.
- Fernandes, C. D.; Fernandes, A. T. F.; Bezerra, J. L. 1995. "Mela": Uma nova doença em sementes de *Brachiaria spp.* no Brasil. *Fitopatología Brasileira* 20(3): 501-503.
- Guevara, E.; Herrera, J.; Alizaga, R. 1997. "Efecto del sustrato y su condición hídrica sobre la germinación de semilla de café caturra". *Agronomía Costarricense* 21(2): 207-216.
- Harty, R. L.; Hopkinson, J. M.; English, B. H.; Alder, J. 1983. "Germination, dormancy and longevity in stored seed of *Panicum maximum*". *Seed Science and Technology* 11, 341-351.
- Hernández, M.; Argel, P. J.; Ibrahim, M. A.; Tmannotje, L. 1995. "Pasture production, diet selection and liveweight of cattle grazing *Brachiaria brizantha* with or without *Arachis pintoii* at two stocking rates in the Atlantic Zone of Costa Rica". *Tropical Grasslands* 29, 134-141.
- Herrera, J. 1997. "La germinación en semillas del pasto *Brachiaria dyctioneura* expuesta a diferentes tiempos de escarificación mecánica y temperaturas". *Tecnología en Marcha* 13(1): 49-54.
- Ista (International Seed Testing Association). 1999. "International rules for seed testing, 1999". *Seed Science and Technology* 27, Supplement.
- Machado, R. 1998. "Selección de ecotipos de *Brachiaria spp.* bajo condiciones de pastoreo sin fertilización". *Pastos y Forrajes* 21:303.
- Pérez, F.; Martínez-laborde, J. B. 1994. *Introducción a la fisiología vegetal*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 218 pp.
- Salisbury, F. B.; Ross, C. W. 1992. *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica, México D.F., México. 759 pp.
- Thomson, J. 1979. *Introducción a la tecnología de semillas*. Traducido por Paloma Melgarejo de Nádiz. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 301 pp.
- Vallejos, A.; Pizarro, E. A.; Chaves, C.; Pezo, D.; Ferreira, P. 1989. "Evaluación agronómica de gramíneas en Guápiles, Costa Rica. 1. Ecotipos de *Brachiaria*". *Pasturas Tropicales* 11(2): 2-9.