

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

## I. *Brachiaria decumbens* y *B. bryzantha*

Carlos Gutiérrez <sup>1</sup>

Jorge Herrera <sup>2</sup>

Ramiro Alizaga <sup>3</sup>

### Palabras clave

*Brachiaria bryzantha* – *Brachiaria decumbens* – semillas – germinación – sustratos de germinación – latencia de semillas – temperatura de germinación – ensayos de germinación

### Resumen

Se determinaron las mejores condiciones para evaluar la germinación de los pastos del género *Brachiaria* (*B. bryzantha* y *B. decumbens*). Para ello se utilizaron semillas con alto porcentaje de germinación sembradas en tres sustratos (papel, turba y suelo), bajo dos condiciones de temperatura (alterna de 8 h a 20°C y 16 h a 30°C y continua de 30°C) y con tres contenidos de humedad (saturado en papel; 30, 45 y 60% en turba y 10, 20 y 30% en suelo). 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. Los porcentajes de germinación más altos y la mayor longitud de la plúmula se obtuvieron con turba a 30°C continuos. En el caso de la germinación, no se detectaron diferencias debidas al contenido de humedad del sustrato. La longitud de la plúmula fue mayor en turba a 30°C continuos en ambas especies. El peso seco de las plántulas fue mayor en suelo bajo alternancia de temperaturas.

### Introducción

La búsqueda de nuevos materiales forrajeros ha hecho que durante los últimos años se hayan introducido en Costa Rica

1 Lic. Especialidad: Fitotecnia. Fallecido.

2 Especialidad: fitomejoramiento. Centro para Investigaciones en Granos y Semillas. Universidad de Costa Rica.

3 Especialidad: Tecnología de Semillas. Centro para Investigaciones en Granos y Semillas. Universidad de Costa Rica.

gran número de nuevas especies (Ibrahim y Pezo, 1992; Vallejos *et al.*, 1989). Debido a la necesidad de reproducir estos materiales, a principios de los años noventa se iniciaron una serie de pruebas para lograr una adecuada multiplicación de las semillas en diferentes zonas del país (Diulgheroff *et al.* 1990). Sin embargo, debido a falta de inversión e investigación, se optó por la importación de semilla procedente de Brasil y Colombia, según información suministrada de la Oficina Nacional de Semillas de Costa Rica.

Ante esta situación y con la finalidad de asegurar al agricultor una semilla de buena calidad física y fisiológica, es necesario realizar análisis de pureza física y de germinación a los materiales que se importan, así como a los que se puedan producir localmente.

Para evaluar el porcentaje de germinación, las pruebas deben realizarse de manera que favorezcan la manifestación del mayor potencial germinativo de las semillas, por lo que es necesario determinar la temperatura óptima, el sustrato adecuado y los períodos en que se deben realizar las evaluaciones (Herrera, 1997). La Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA, 1999) ha desarrollado metodologías de análisis para gran cantidad de especies de interés agrícola. Sin embargo, dentro de sus reglas se contemplan varios sustratos y temperaturas, y se recomiendan tratamientos pregerminativos, que en el caso de Costa Rica, pueden no ser compatibles con las prácticas y normas de comercio de semillas de poáceas forrajeras, por lo que se hace necesario determinar cuáles condiciones son las más adecuadas para los materiales utilizados en el país, en este caso dos de las especies del género *Brachiaria*.

La germinación, como todos los procesos fisiológicos, es afectada por la temperatura. Bewley y Black (1994) mencionan que para cada clase de semilla, existe una temperatura mínima y una máxima a la que

ocurre la germinación. Además, dentro de este ámbito, existe un punto en el que se obtiene la mayor velocidad y porcentaje de germinación y este corresponde a la temperatura óptima.

La escogencia del sustrato de germinación es opcional, previa experimentación (ISTA, 1999). La característica esencial de un buen sustrato es que mantenga una cantidad adecuada de agua y la entregue libremente a las semillas. Entre los sustratos utilizados se encuentra el papel, el cual puede ser de varios tipos: papel filtro, toallas de papel y se puede usar, también, papel periódico no impreso (ISTA, 1999). Otros sustratos incluyen suelo orgánico, arena o una mezcla de suelo con arena.

El objetivo de este trabajo fue determinar las mejores condiciones de temperatura, humedad y sustrato para la evaluación de la germinación en semillas de *Brachiaria decumbens* y *B. brizantha*.

## Materiales y métodos

Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Semillas del Centro de Investigaciones en Granos y Semillas (C.I.G.R.A.S.) de la Universidad de Costa Rica. Se utilizaron semillas de *B. decumbens* y *B. brizantha* procedentes de lotes comerciales. Para seleccionar lotes con un alto porcentaje de germinación se realizaron pruebas preliminares de germinación en papel saturado, en una cámara de germinación con alternancia de temperatura: 8 horas a 20°C, y 16 horas a 30°C, y un control de fotoperíodo de 16 horas en luz y 8 horas en oscuridad. Estas condiciones son las que se utilizan rutinariamente en el laboratorio de semillas. Posteriormente, se seleccionaron los lotes que presentaron mayor germinación.

Se usaron tres sustratos: papel de germinación, suelo y una mezcla que consistió de 60-70% turba de *Sphagnum* canadiense, vermiculita, piedra dolomítica,

*El objetivo de este trabajo fue determinar las mejores condiciones de temperatura, humedad y sustrato para la evaluación de la germinación en semillas de Brachiaria decumbens y B. brizantha.*

yeso y un agente hidratante que se vende como producto comercial, en adelante nos referiremos a este sustrato como turba. El pH en agua del papel de germinación fue de 6,3; mientras que en la turba fue de 5,9. El suelo utilizado fue un suelo franco procedente de los terrenos aledaños a la Facultad de Agronomía con un pH en agua de 6,5 y esterilizado mediante calor por vapor de agua durante 48 horas.

Para los ensayos de germinación bajo condiciones controladas (humedad y temperatura) se utilizó una cámara de germinación con cortina de agua graduada a 30 °C y con una humedad relativa cercana a 98% y un germinador con régimen de temperatura alterna (20-30 °C) sin control de humedad; en este caso las semillas se pusieron a germinar en cajas plásticas cerradas para evitar la desecación del sustrato. Ambas cámaras tuvieron un fotoperíodo de 16 horas en luz y 8 horas en oscuridad.

Se evaluaron tres factores: dos condiciones de temperatura (alternancia de ocho horas a 20 °C y dieciséis horas a 30 °C y 30 °C constante), tres niveles de humedad del sustrato (30%, 45% y 60% en turba y 10%, 20% y 30% en suelo) y tres sustratos (suelo, turba y papel de germinación).

Se utilizaron cuatro repeticiones de 100 semillas en cada tratamiento. La semilla se colocó sobre papel en los tratamientos de papel saturado y dentro del sustrato en los tratamientos de turba y suelo.

Con el fin de determinar si los porcentajes de humedad seleccionados permitían una adecuada comparación entre la turba y el suelo, se realizó la curva de retención de agua de ambos sustratos, resultado que se puede observar en la figura 1.

La curva para el suelo es típica, según la cual a mayores porcentajes de humedad, la retención es más baja y, por lo tanto, el agua está muy disponible para las plantas;

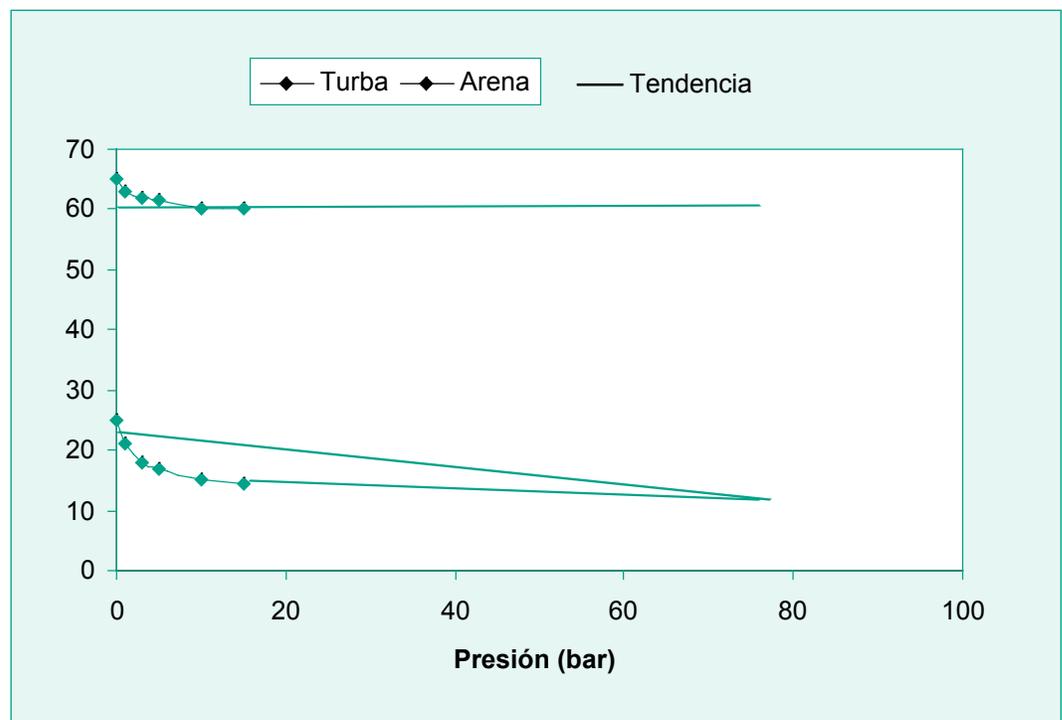


Figura 1. Curvas de retención de agua en el suelo y la turba utilizadas.

por el contrario, en la turba se observó que es un material muy hidrofílico y, al parecer, no se logra con facilidad su saturación de agua.

Se evaluaron las siguientes variables: porcentaje de germinación a los 3 días de la siembra (se consideró como germinada la semilla, una vez emergida la radícula a través de la cubierta seminal), longitud de la plúmula a los 5 días de la siembra (se tomaron 10 plántulas al azar de cada unidad experimental), peso seco a los 7 días de la siembra (parte aérea, parte radical y los restos de la semilla), este material se secó en una estufa a 60 °C por 48 horas y se pesó. Posteriormente, los resultados fueron relativizados a 100 plántulas y se determinó el porcentaje de germinación a los 14 y 22 días después de la siembra (porcentaje de plántulas normales).

Los resultados obtenidos en la evaluación de las variables fueron sometidos a un análisis de variancia según un diseño irrestricto al azar; complementariamente, se hizo a una prueba de diferencia mínima significativa (d.m.s.).

## Resultados

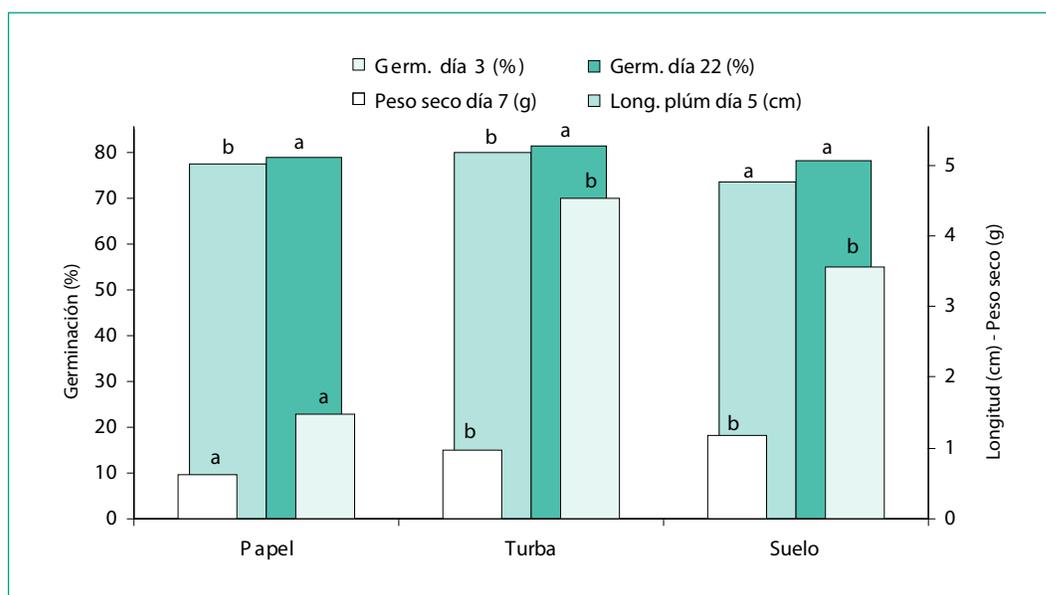
### *Brachiaria brizantha*

Tres días después de iniciada la prueba se encontraron diferencias significativas ( $P>0,05$ ) en la germinación únicamente en el sustrato suelo (73,6%, figura 2) que fue menor que la turba o el papel (78,8% promedio). Sin embargo, a los 22 días no se detectaron diferencias entre ninguno de los sustratos utilizados (79,5% promedio).

La longitud de la plúmula al quinto día también resultó mayor en turba (4,5 cm), aunque estadísticamente igual a la obtenida con el sustrato suelo (3,6 cm). La menor longitud se obtuvo en papel (1,5 cm,  $P>0,05$ ).

El peso seco de las plántulas al séptimo día resultó similar en el suelo y en la turba (1,1 g/100 plántulas promedio). Resultados significativamente menores ( $P>0,05$ ) se obtuvieron en papel (0,6 g/100 plántulas).

En el estudio de la interacción sustrato frente a temperaturas de germinación (figura 3) se encontró que solo en la



**Figura 2.** Efecto del sustrato sobre las variables evaluadas en semillas de *Brachiaria brizantha*.

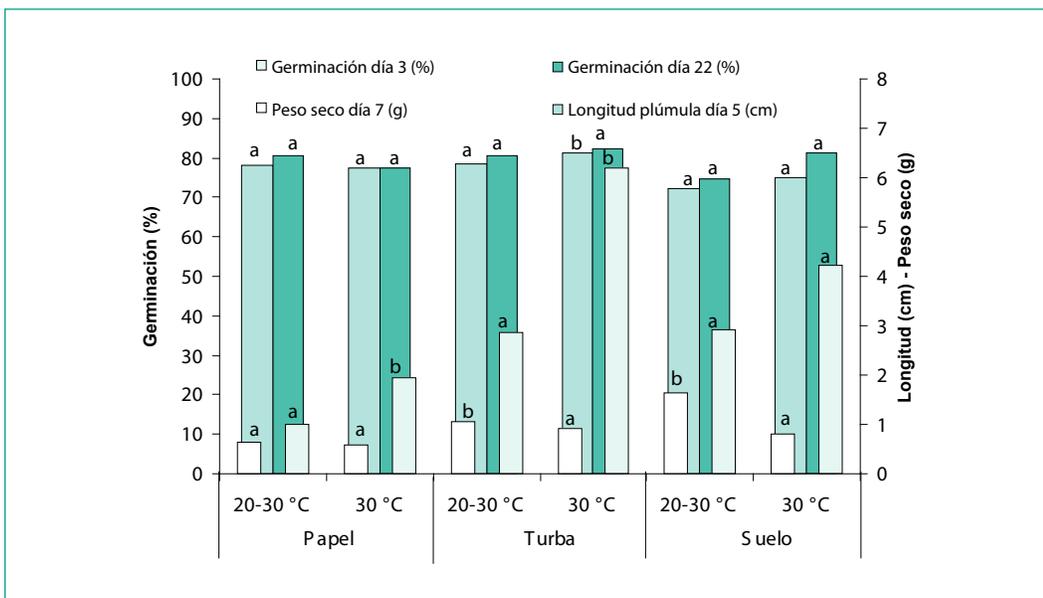
\* Columnas con la misma letra en la misma variable no fueron distintas (d.m.s. ( $\alpha=0,05$ )).

condición de turba, y a los tres días de iniciado el ensayo, la temperatura afectó la germinación, la cual fue mayor ( $P>0,05$ ) a 30 °C constante (81,2%). Aunque no se presentaron diferencias en las demás interacciones, se puede observar que tanto en turba como en suelo hubo una tendencia a una mayor germinación a 30 °C constante, mientras que en papel no se observó efecto de este factor.

La longitud de la plúmula siempre fue mayor ( $P>0,05$ ) a 30 °C constante (4,1 cm

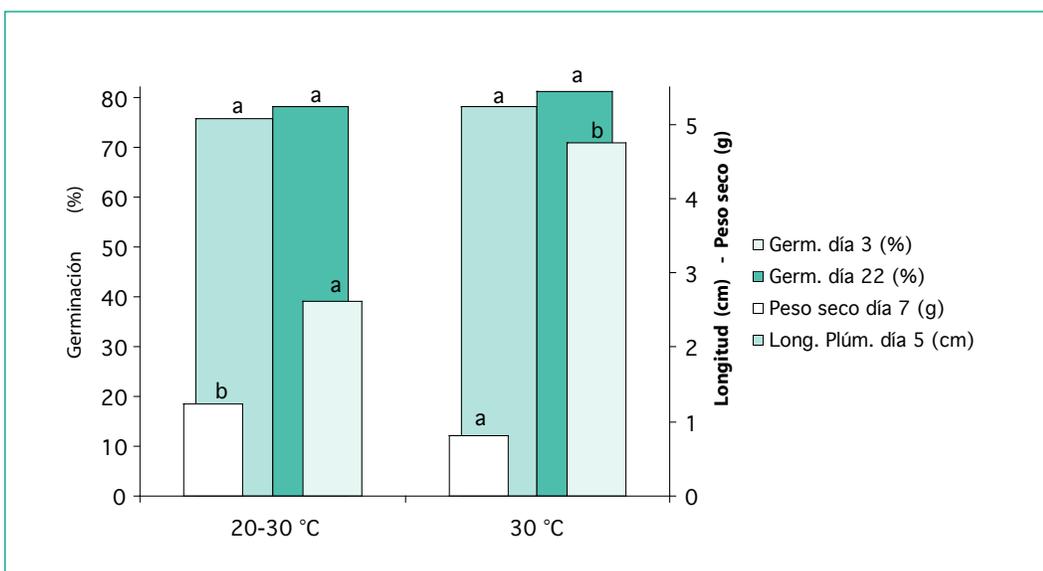
promedio), mientras que, por el contrario, el peso seco fue mayor ( $P>0,05$ ) en los tratamientos de alternancia de temperatura cuando se utilizó papel y suelo (1,1 g/100 plántulas promedio). En la turba no se detectaron diferencias (figura 3).

En la evaluación del efecto de la temperatura se observa que no hubo diferencia significativa en el porcentaje de germinación entre los tratamientos de temperatura ni al tercer día ni a los 22 días (figura 4).



**Figura 3.** Efecto de la interacción temperatura frente a sustrato sobre las variables evaluadas en semillas de *Brachiaria brizantha*.

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



**Figura 4.** Efecto de la temperatura sobre las variables evaluadas en semillas de *Brachiaria brizantha*.

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

La longitud de la plúmula fue mayor ( $P>0,05$ ) a 30 °C constante (4,74 cm promedio) mientras que el peso seco fue mayor ( $P>0,05$ ) en los tratamientos de alternancia de temperatura (1,23 g/100 plántulas promedio, figura 4).

En el estudio de la interacción sustrato frente a humedad del sustrato, se encontró (figura 5) que, a los tres días de iniciada la prueba en turba, solamente con 45% de humedad la germinación fue significativamente menor (76,7%,  $P>0,05$ ). No se detectaron diferencias entre 30% y 60% de humedad (81,5% promedio). En suelo se obtuvieron los mayores resultados de germinación ( $P>0,05$ ) con 20% de humedad (84%), sin diferencia entre 10% y 30% de humedad

(68,4% promedio). El comportamiento anterior de los tratamientos se mantiene en la evaluación de los 22 días, en donde las únicas diferencias significativas ( $P>0,05$ ) observadas fueron la menor germinación en turba con 45% (79%) y la mayor germinación en suelo con 20% (84,5%).

Los resultados de longitud de plúmula no presentaron diferencia entre los porcentajes de humedad en turba (4,53 cm promedio). Por el contrario, en suelo, se obtuvo la mayor longitud con 20% y 30% de humedad (5,12 cm promedio), significativamente menor ( $P>0,05$ ) fue la longitud con 10% de humedad en este sustrato (0,5 cm).

El peso seco fue mayor ( $P>0,05$ ) con 30% de humedad en turba (1,1 g/100 plántulas),

Los resultados de longitud de plúmula no presentaron diferencia entre los porcentajes de humedad en turba (4,53 cm promedio).

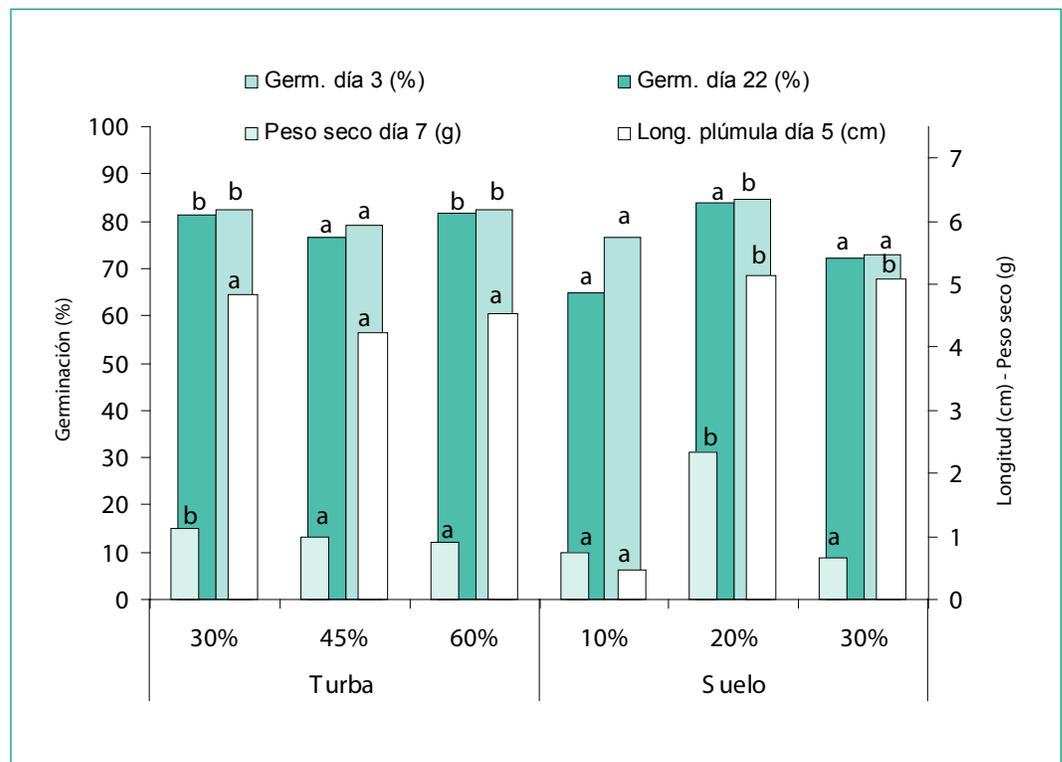


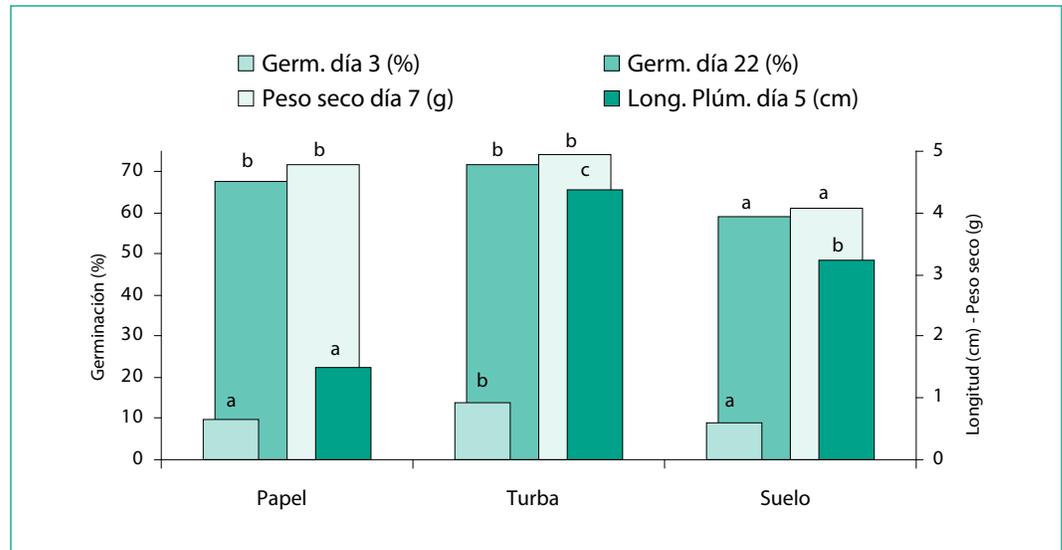
Figura 5. Efecto de la interacción porcentaje de humedad frente al sustrato, independiente de la temperatura, sobre las variables evaluadas en semillas de *Brachiaria brizantha*.

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

sobre los resultados obtenidos con 45% y 60% de humedad (0,9 g/100 plántulas promedio). En suelo con 20% de humedad se obtuvo el mayor peso seco (2,3 g/100 plántulas) el cual fue significativamente superior ( $P>0,05$ ) al obtenido con 10 y 30% de humedad (0,7 g/100 plántulas promedio).

### *Brachiaria decumbens*

La mayor germinación (69,7% promedio) en esta especie se observó cuando se utilizó turba y papel (figura 6). Con el sustrato suelo la germinación (59,1%) fue significativamente menor ( $P>0,05$ ). A los 22 días de iniciada la prueba se observó una tendencia similar a la primera evaluación.



**Figura 6.** Efecto del sustrato sobre las variables evaluadas en semillas de *Brachiaria decumbens*.

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

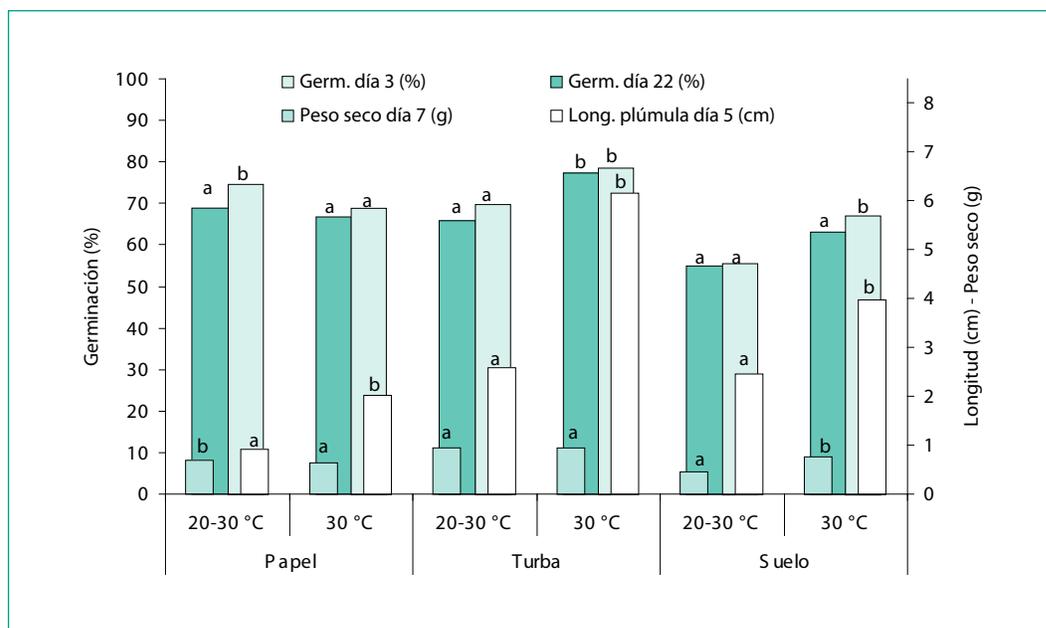
La longitud de la plúmula también resultó significativamente mayor ( $P>0,05$ ) en turba (4,4 cm) en comparación a los otros sustratos que también mostraron diferencias significativas entre sí. La menor longitud se presentó en papel (1,5 cm).

De nuevo, el peso seco fue mayor en turba (0,9 g/100 plántulas), sin que se observaran diferencias entre los pesos obtenidos en papel y suelo (0,6 g/100 plántulas promedio).

En la interacción temperatura de germinación frente a sustrato, la germinación total a los tres días sólo se vio afectada por la temperatura en el sustrato turba donde el mayor resultado ( $P>0,05$ )

se obtuvo a 30 constante °C (77,3%, figura 7). A los 22 días de evaluación, la germinación fue significativamente mayor a 30 °C, constante tanto en turba (78,6%) como en suelo (67,1%), así como con el tratamiento de temperaturas alternas en papel (74, 7%,  $P>0,05$ ).

La longitud de la plúmula siempre fue significativamente mayor ( $P>0,05$ ) a 30 °C constante (4,1 cm). Por el contrario, el peso seco varió entre sustratos; en papel, fue mayor en alternancia de temperatura (0,7 g/100 plántulas), mientras que en suelo lo fue a 30 °C constante (0,8 g/100 plántulas). En turba, las temperaturas no fueron significativamente diferentes entre sí (1 g/100 plántulas promedio, figura 7).



**Figura 7.** Efecto de la interacción temperatura frente a sustrato sobre las variables evaluadas en semillas de *Brachiaria decumbens*.

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

El peso seco presentó el mismo comportamiento que la variable anterior en turba, sin diferenciarse significativamente los porcentajes de humedad (0,95 g/100 plántulas promedio). En suelo con 20% de humedad se obtuvieron las plántulas con mayor peso seco (0,85 g/100 plántulas) ( $P>0,05$ ).

La evaluación de la temperatura como un factor independiente del sustrato y del porcentaje de humedad, mostró que en *B. decumbens* el tratamiento de 30 °C constante fue significativamente favorable ( $P>0,05$ ) para todas las variables evaluadas (figura 8).

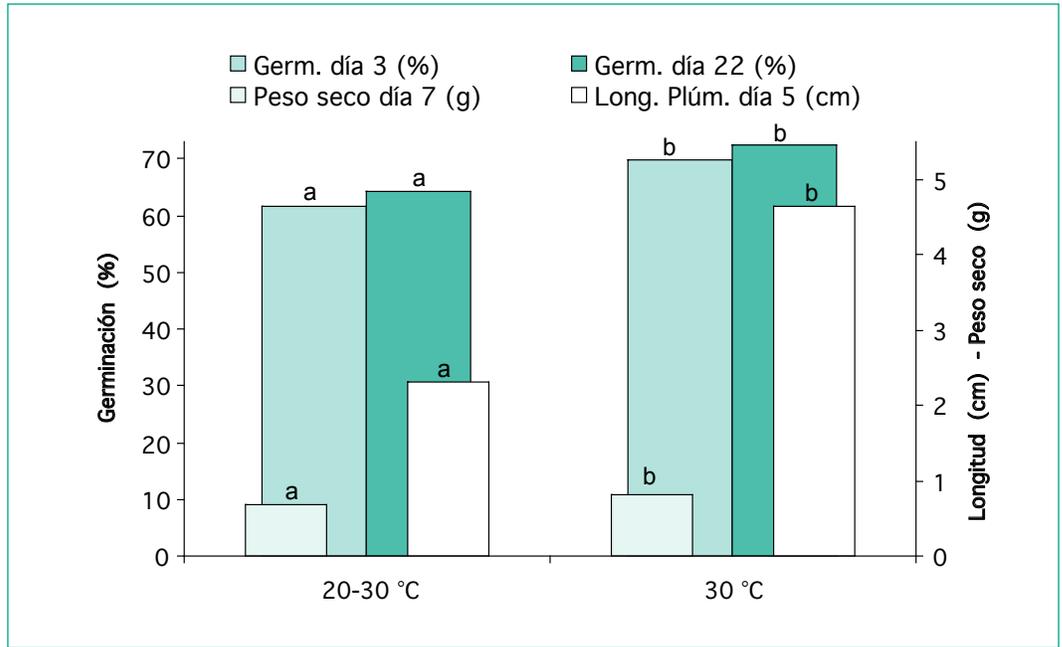
La interacción entre la humedad y el tipo de sustrato mostró que en turba la germinación fue mayor ( $P>0,05$ ) con 60% de humedad, tanto al tercer día (75,8%) como a los 22 días (77,3%). La menor germinación ( $P>0,05$ ) se dio, aunque sin diferencia significativa entre ellas, a 30% de humedad y a 45% de humedad (72,7% promedio). En suelo, los mayores resultados ( $P>0,05$ ) se obtuvieron con 20% de humedad (77,8%), tanto al tercer día como a los 22 días. No hubo diferencias significativas, entre 10% y 30% de humedad (53% promedio, figura 9).

En la longitud de la plúmula no se observaron diferencias significativas

cuando se utilizó turba (4,4 cm promedio, figura 9). Por el contrario, en suelo se obtuvo la mayor longitud ( $P>0,05$ ) con 20% de humedad (4,9 cm), resultado que no difiere significativamente del 30% (4,2 cm). Con 10% de humedad en el suelo se presentó una longitud significativamente menor (0,6 cm).

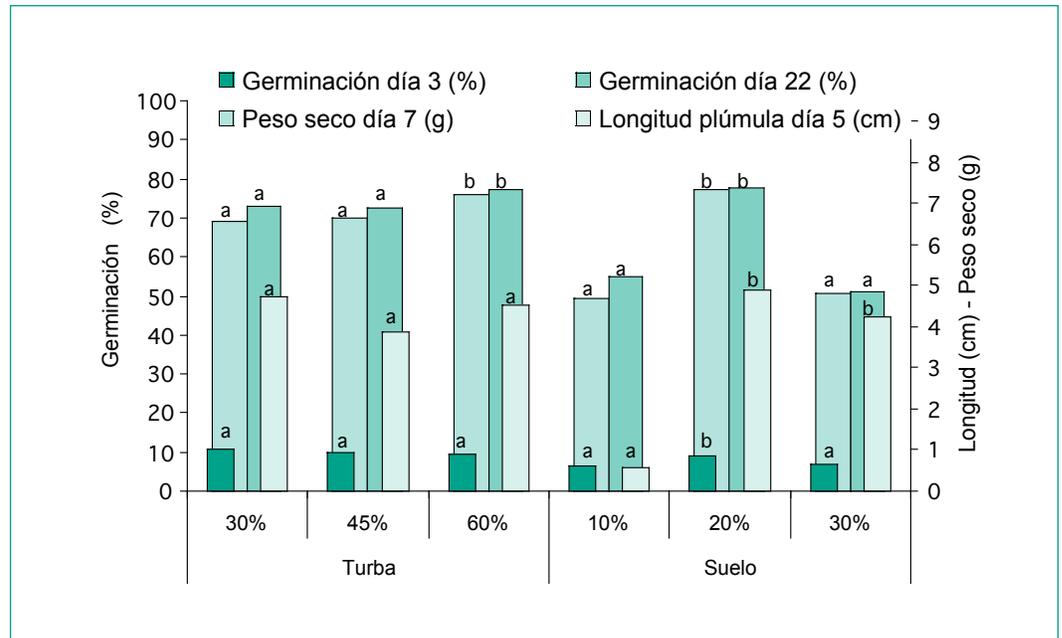
El peso seco presentó el mismo comportamiento que la variable anterior en turba, sin diferenciarse significativamente los porcentajes de humedad (0,95 g/100 plántulas promedio). En suelo con 20% de humedad se obtuvieron las plántulas con mayor peso seco (0,85 g/100 plántulas) ( $P>0,05$ ).

Igualmente que para *B. brizantha*, en esta especie también fueron cuatro los tratamientos que incrementaron el porcentaje de germinación entre los tres y los 22 días. Los tratamientos que más incrementaron la germinación experimentó en este intervalo fueron el



**Figura 8.** Efecto independiente de la temperatura sobre las variables evaluadas en semillas de *Brachiaria decumbens*.

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



**Figura 9.** Efecto de la interacción porcentaje de humedad frente a sustrato, independiente de la temperatura, sobre las variables evaluadas en semillas de *Brachiaria decumbens*.

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

de suelo con 10% de humedad a 30 °C constante, seguido de turba con 30% de humedad, papel saturado y turba con 45% de humedad, estos tres últimos en alternancia de temperatura.

## Discusión

La germinación de las semillas así como la velocidad de crecimiento y desarrollo de las plántulas está determinada tanto por la condición fisiológica del material, como por la luz, la humedad, la temperatura y el sustrato. También, las características genéticas influyen sobre los resultados obtenidos. En este caso ambas 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 especie.

El uso de la turba aumentó la germinación de las semillas substancialmente. Posiblemente esto se debe a que permitió un mejor aprovechamiento del agua y una mejor aireación de las semillas durante el proceso germinativo. La turba utilizada en este trabajo es una mezcla de turba de *Sphagnum* y vermiculita, con una densidad de aproximadamente 125 kg/m<sup>3</sup>. Por lo tanto, posee un espacio poroso total muy alto, en comparación con un suelo franco que puede tener una densidad de 1400 kg/m<sup>3</sup> y un espacio poroso mucho menor (Argo, 1998; Reed, 1996). El mayor porcentaje de porosidad en la turba beneficia la distribución y disponibilidad de agua y aire en el sustrato y su posterior suministro a las semillas. Así mismo, en los tratamientos sobre papel, la germinación fue tan alta como en turba ya que se forma una película de agua debajo de las semillas, mientras que la parte superior se encuentra en contacto con el aire, condiciones que favorecen su imbibición.

Los resultados promedio menores obtenidos con el sustrato suelo se deben, principalmente, a la influencia del tratamiento con 10% de humedad, ya que en este se presentó una disponibilidad de

agua menor a la del punto de marchitez permanente, correspondiente a más de 110 bares de retención de humedad. Esta baja disponibilidad de agua para la imbibición de la semilla causó un retraso en la germinación, que posteriormente se incrementó a partir del tercer día hasta el final de los ensayos, lo que explica por qué a los 22 días hubo diferencias entre este sustrato y papel en *B. bryzantha*. También, explica por qué en la interacción del sustrato con la temperatura y la humedad uno de los mejores resultados para germinación siempre fue el sustrato suelo pero con los mayores porcentajes de humedad, lo anterior concuerda con lo indicado por Faeth (1980).

La turba y el suelo fueron sustratos adecuados para evaluar crecimiento y desarrollo de la plántula, mientras que el papel no lo fue. Esto puede deberse a que, tanto la turba como el suelo, permiten una mayor absorción de agua y un mejor soporte para un desarrollo equilibrado de la plántula.

La germinación en *B. decumbens* se vio afectada por los tratamientos de temperatura evaluados. Los mayores resultados se obtuvieron a 30 °C constante, por lo que se puede concluir que en esta especie la alternancia de temperaturas no es determinante para estimular la germinación en lotes que presentan muy poco reposo, como lo señaló anteriormente Herrera (1994).

El efecto de la temperatura sobre la longitud de las plántulas y el peso seco es muy claro y fue mayor a 30 °C constante 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; así mismo, la magnitud y naturaleza de la respuesta a la temperatura está influenciada por las especies y cultivares de las plantas. La longitud de la planta muestra una respuesta curvilínea a la temperatura, que se incrementa hasta un óptimo; entonces,

*La turba y el suelo fueron sustratos adecuados para evaluar crecimiento y desarrollo de la plántula, mientras que el papel no lo fue. Esto puede deberse a que, tanto la turba como el suelo, permiten una mayor absorción de agua y un mejor soporte para un desarrollo equilibrado de la plántula.*

decrece si la temperatura continúa en aumento.

Estas respuestas diferenciales de la temperatura para cada sustrato en la germinación, tanto como en las otras variables pueden estar íntimamente ligadas al origen del genotipo ya que son las condiciones en las que se desarrolló la variedad las que, en algunos casos, determinan la temperatura óptima. Además, esta puede variar, incluso, dentro de una misma especie. Así mismo son importantes las condiciones en las cuales se desarrolló y maduró la semilla (Bewley y Black, 1994).

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 45% de humedad en *B. Brizantha*; y mayor con 60% de humedad en *B. decumbens*. Esto puede deberse a las características propias de cada material ya que, como en el caso de la temperatura, hay un ámbito en el cual la germinación puede ocurrir sin ningún problema e, igualmente, existe un porcentaje de humedad óptimo que puede diferir para cada especie (Bewley y Black, 1994, Côme y Tessant, 1973).

Argo (1998) reporta que materiales orgánicos tales como la turba tienden a ser hidrófobos y pudieran ser difíciles de rehidratar si se les permite secarse demasiado. La mayor cantidad de agua perdida en turba se debe a la evaporación superficial. Sin embargo, se observó que tanto en el sustrato turba como en el suelo el contenido de humedad fue muy similar desde el inicio de los ensayos hasta finalizados los 22 días.

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 al punto de marchitez permanente, y el tratamiento con 30% de humedad fue suelo saturado de agua que provocó una capa de agua alrededor de la semilla que afectó la germinación. Es por eso que, al tercer día, el mayor porcentaje de germinación se obtuvo con un 20% de humedad en todas las especies. Este porcentaje estuvo dentro del ámbito de la capacidad de campo con una retención de agua en el suelo de sólo 2,5 bares aproximadamente.

El porcentaje de humedad no afectó la longitud de la plúmula en turba debido a una suficiente disponibilidad de agua en los tres niveles de humedad. Por el contrario, la longitud de la plúmula fue menor en suelo con 10% de humedad en todas las especies, debido a que no permitió a las plántulas absorber el agua necesaria para su buen desarrollo (Casasola, 1998).

El peso seco en el sustrato turba en las especies del género *Brachiaria* presentó una tendencia a ser mayor con 30% de humedad en el sustrato, aunque esto solo fue significativo para *B. brizantha*. En suelo, igualmente se observó una tendencia a mayor peso seco con 20% de humedad, debido a las razones expuestas antes para las otras dos variables.

Se observó una concordancia entre la longitud de la plúmula y el peso seco de la plúmula en el sustrato suelo, ya que, como hemos dicho, los tratamientos de 10% y 30% de humedad en este sustrato no beneficiaron el desarrollo de las plántulas. Sin embargo, esto no fue igual en el sustrato turba ya que aunque los porcentajes de humedad no afectaron la longitud de la plúmula, sí afectaron el peso seco que tendió a ser mayor con menor porcentaje de humedad. Esto puede deberse a que, con una menor saturación de agua en el sustrato, hay un mayor crecimiento del sistema radical (Salisbury y Ross, 1992) que puede ser, en este caso, el factor que incrementó el peso seco de las plántulas.

*El porcentaje de humedad no afectó la longitud de la plúmula en turba debido a una suficiente disponibilidad de agua en los tres niveles de humedad.*

## Bibliografía

- Argo, W. R. 1998. Root Medium Physical Properties. Hortecchnology 8(4): 481-485.
- Berghage, R. 1998. Controlling Height with Temperature. Hortecchnology 8(4): 535-539.
- Bewley, J. A.; Black, M. 1994. Seed: Physiology of development and germination. 2<sup>nd</sup> ed. Plenum Press, New York. 445 p.
- 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 al título de Licenciado en Ingeniería Agronómica con énfasis en Fitotecnia. Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Sede del Atlántico. 65 p.
- Côme, D.; Tessant, T. 1973. Internal effects of imbibition, temperature, and oxygen on germination, In Seed Ecology (ed. W. Heydecker), pp. 157-167. Butterworth & Co., London.
- Diulgheroff, S.; Pizarro, E. A.; Ferguson, J. E.; Argel, P. J. 1990. Multiplicación de semillas de especies forrajeras tropicales en Costa Rica. Pasturas Tropicales 12(2): 15-23.
- Faeth, J. 1980. Germinación de semillas. Mimeo. Curso Tecnología de Semillas. Facultad de Agronomía, Escuela de Fitotecnia, Universidad de Costa Rica. 15 p.
- Herrera, J. 1994. Efecto de algunos tratamientos para interrumpir el reposo en semillas de pastos. II. *Brachiaria decumbens*. Agronomía Costarricense 18(1): 75-85.
- 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.
- Ibrahim, M.; Pezo, D. 1992. *Brachiaria brizantha* cv Marandú (CIAT 6780) sola o en asocio con leguminosas: Algunas experiencias de manejo del pastoreo. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 1-4.
- Ista (International Seed Testing Association). 1999. International rules for seed testing, 1999. Seed Science and Technology 27, Supplement.
- Reed, D. W. 1996. Water, Media, and Nutrition for Greenhouse Crops. Ball Publishing. Batavia, Illinois, U.S.A. pp. 98-111.
- Salisbury, F. B.; Ross, C. W. 1992. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica, México D.F., México. 759 pp.
- Vallejos, A.; Pizarro, E. A.; Cháves, C.; Pezo, D.; Ferreira, P. 1989. Evaluación agronómica de gramíneas en Guápiles, Costa Rica. 1. Ecotipos de *Brachiaria*. Pasturas Tropicales 11(2): 2-9.