

EFFECTO DEL SUSTRATO Y SU CONDICION HIDRICA SOBRE LA GERMINACION DE SEMILLA DE CAFE CATURRA¹

Eric Guevara^{2/}*, *Jorge Herrera**, *Ramiro Alizaga**

RESUMEN

Se determinó la influencia del contenido de humedad del sustrato sobre la capacidad germinativa de semillas de café Caturra. Para ello se utilizó semilla con y sin endocarpo (pergamino) sembrada en dos tipos de sustratos: arena y papel de germinación conteniendo 50, 75 y 100% de su capacidad de retención de agua. Se evaluó la imbibición y la germinación de las semillas en el tiempo, así como la velocidad de germinación, peso seco y fresco, y la elongación de las plántulas. En ausencia del pergamino los niveles de humedad del sustrato no influyeron sobre el proceso germinativo. Por el contrario, en presencia del endocarpo, niveles crecientes en el contenido de humedad del sustrato retardaron significativamente la germinación de las semillas. Tanto en ausencia como en presencia del pergamino, la curva de imbibición de agua de las semillas mostró un comportamiento similar de aumento progresivo. La longitud del hipocótilo fue mayor en arena que en papel. Semillas sin pergamino produjeron plántulas de mayor longitud, pero no hubo diferencias debidas al contenido de agua del sustrato. Se concluye que con altos niveles de humedad del sustrato, el pergamino afecta la germinación de la semilla de café, al limitar la difusión de oxígeno hacia el embrión, lo que impide su crecimiento.

INTRODUCCION

La evaluación de la calidad de las semillas es un aspecto fundamental para el éxito de los programas de certificación. Con el fin de suministrar información precisa al agricultor, se han establecido reglas internacionales para determinar la germina-

ABSTRACT

Effect of the substrate and its water condition upon the germination of Caturra coffee seeds. Coffee seeds with or without endocarpo (parchment) were placed on 2 different substrates: germination paper and sand, containing 50; 75 or 100% of water retention capacity. Imbibition and germination time were evaluated as well as germination speed, fresh and dry weight, and elongation of the plant. Without parchment, water content of the substrate does not affect the germination process. In the case of seeds with parchment, increasing levels of water in the substrate retarded the germination of the seeds. However, the behaviour of the imbibition process was similar in both types of seeds, with and without parchment, indicating that the parchment does not prevent water absorption by the seed. Hipocotyl elongation was highest in plants growing in sand. Seed without parchment showed the higher elongation of the hipocotyl, but no differences were observed due to the water content of the substrate. It is concluded that in the presence of higher water content of the substrate, the parchment affects the germination of coffee seeds, restraining the diffusion of oxygen to the embryo. This delays the growth of the embryo.

ción de las semillas en especies de interés agrícola y forestal (ISTA 1976, AOSA 1989). Desafortunadamente, en muchos cultivos de origen tropical como el café, no se cuenta con criterios apropiados para valorar la calidad fisiológica de las semillas. En Costa Rica, los análisis de germinación de esta semilla se llevan a cabo en papel para germinación o en arena, sustratos que cumplen con las especificaciones indicadas por AOSA (1989); sin embargo estas normas no contemplan información específica acerca del contenido de humedad del sustrato, el cual se ha observado, es un factor limitante para la germinación del café.

1/ Recibido para publicación el 30 de mayo de 1997.

2/ Autor para correspondencia.

* Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS). Universidad de Costa Rica. San Pedro 2060, Costa Rica.

La semilla de café usualmente requiere entre 45 y 60 días para germinar. Uno de los factores más críticos en la germinación de esta especie, tanto en laboratorio como en el suelo, es el endocarpo, conocido también como "pergamino". Su remoción permite que la semilla germine en un plazo de 14 a 21 días. Por lo anterior, se han realizado numerosas investigaciones para determinar el efecto del pergamino sobre el proceso de germinación. Valio (1980); Osei-Bonsu et al. (1989) y Bendaña (1962) consideran que el pergamino impone una barrera mecánica que limita la entrada de agua en las semillas; Klar (1972), por su parte, no encontró diferencias significativas entre diferentes tratamientos de humedad y temperatura del suelo sobre la germinación de semillas de café, aunque observó un mejor efecto cuando el potencial mátrico del suelo fue de -3 atm con un intervalo de riego de 5.8 días. Sin embargo, Huxley (1964), a través de una serie de experimentos, demostró que el endocarpo no constituye una barrera al agua y que su presencia retarda la germinación al limitar la disponibilidad de oxígeno al embrión.

Barboza y Herrera (1990) y Guevara et al. (1992), siguiendo las recomendaciones de AOSA para la germinación de semillas de café, observaron serios problemas en experimentos llevados a cabo en condiciones de laboratorio, debido en particular a los niveles de agua en el sustrato. Altos niveles de agua produjeron una inhibición parcial o total de la germinación. A pesar de la información disponible, no existen criterios precisos en relación con los niveles óptimos de humedad del sustrato en las pruebas de germinación de la semilla de café.

El objetivo del presente trabajo fue determinar el contenido de humedad apropiado en 2 sustratos (arena y papel para germinación) para evaluar adecuadamente el proceso germinativo de la semilla de *Coffea arabica* var. Caturra.

MATERIALES Y METODOS

Este experimento se realizó en el Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS) de la Universidad de Costa Rica. Se utilizó semilla certificada de la variedad "Caturra" suministrada por el Instituto del Café (ICAFE), con 90% de germinación. Para evitar problemas fitopatológicos, la semilla se trató con captan y carboxin (Vitavax), en una dosis de 1 g/kg de semilla.

Las semillas, con y sin endocarpo, se colocaron en bandejas con papel para germinación Anchor (3 capas) así como en arena de río previamente lavada y acondicionada con base en los criterios recomendados por AOSA (1989). A ambos sustratos se les suministró 3 niveles diferentes de humedad: 50%; 75% y 100% de la capacidad de retención de agua de cada uno. Para determinar los contenidos de humedad en el papel de germinación, se tomaron 3 pliegos, se humedecieron hasta saturación y se determinó su peso, luego se secaron en una estufa a 80°C durante 24 h y se pesaron de nuevo. Con este procedimiento se determinó la cantidad de agua necesaria para alcanzar 100% de humedad del sustrato. Por relación matemática se determinaron las cantidades de agua correspondientes a 50 y 75% de humedad. En el caso de la arena se usó el mismo procedimiento, excepto en que las muestras se secaron en una estufa a 103°C durante 72 h. Con el fin de corregir cualquier desviación en el contenido de humedad del sustrato durante el experimento, las bandejas se pesaron 2 veces por día y se les adicionó el agua que se había evaporado.

Cuando se utilizó papel para germinación las semillas se colocaron en bandejas planas de acero inoxidable de 50 x 50 cm. Cuando se usó arena, se emplearon bandejas de madera con un fondo de acero inoxidable (50 x 50 x 5 cm). Las bandejas se colocaron en una cámara de germinación a 30°C y 98% de humedad relativa.

En todos los casos se evaluó el número de semillas germinadas. Adicionalmente, se evaluó: el porcentaje de germinación, la velocidad de germinación, la longitud del hipocótilo y el peso seco de las plántulas.

Se estudió además la evolución tanto del peso fresco como del peso seco durante 5 días, con el fin de establecer las variaciones en el contenido de agua. Para ello, se pesaron semillas con y sin pergamino, las cuales se colocaron sobre papel de germinación colocado sobre bandejas metálicas planas. Se determinó el peso fresco cada 2 h durante las primeras 12 y luego cada 24 h las siguientes 120 h.

El análisis de los datos se realizó con base en un diseño irrestricto al azar, con un arreglo factorial de los tratamientos (2 sustratos de germinación, presencia y ausencia de endocarpo y 3 contenidos de agua). Cada tratamiento constó de 4 repeticiones de 50 semillas cada una.

RESULTADOS

Efecto del tipo de sustrato y su condición de humedad

El efecto del tipo de sustrato y de cantidades crecientes de humedad sobre la germinación de las semillas se observa en la Figura 1. La mejor germinación se observó cuando el

sustrato estuvo al 50% de su capacidad de retención de agua. Sin embargo, en ausencia del endocarpo, ni el contenido de humedad, ni el tipo de sustrato afectaron significativamente ($\alpha = 0.05$) la germinación. En semilla con pergamino o endocarpo, los contenidos de humedad de 75 y 100% indujeron una menor germinación y este efecto fue más drástico cuando se utilizó arena.

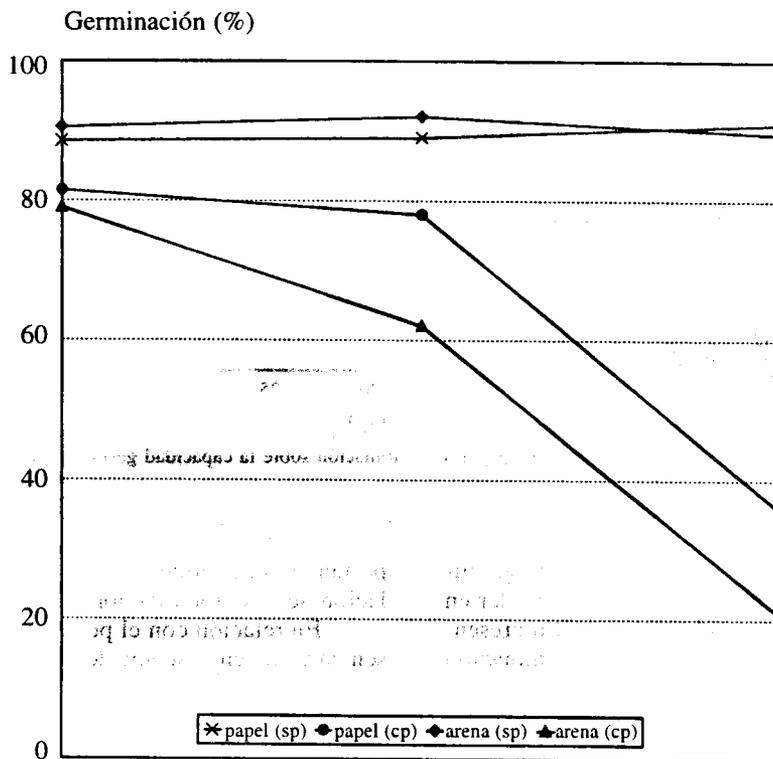


Fig. 1. Efecto del contenido de agua del sustrato sobre la capacidad germinativa de semillas de café Caturra en presencia (cp) o ausencia (sp) del pergamino (endocarpo). Resultados obtenidos al cabo de 35 días en papel y 65 días en arena.

Las Figuras 2 y 3 presentan el porcentaje de semillas germinadas a través del tiempo. Las semillas sin pergamino germinaron rápida e independientemente del nivel de humedad cuando se usó papel como sustrato, alcanzando un máximo (80%) a los 25 días después de sembradas, que se mantuvo aproximadamente constante hasta los 35 días. En presencia de pergamino, la germinación total fue menor y presentó un retardo de 10 días en comparación con el grupo anterior. El nivel de humedad del sustrato afectó la capa-

cidad germinativa, especialmente con el sustrato completamente saturado de agua. Los mejores resultados se obtuvieron con 50% de humedad, aunque no existieron diferencias importantes con respecto a 75%. Al utilizar arena se apreciaron variaciones considerables en cuanto al tiempo y al porcentaje de semillas germinadas. Aquí, en ausencia de pergamino, los mayores % de germinación se observaron con 50 y 75% de humedad (88 y 87% respectivamente), sin que se detectaran diferencias estadísticas entre ambas. Con el

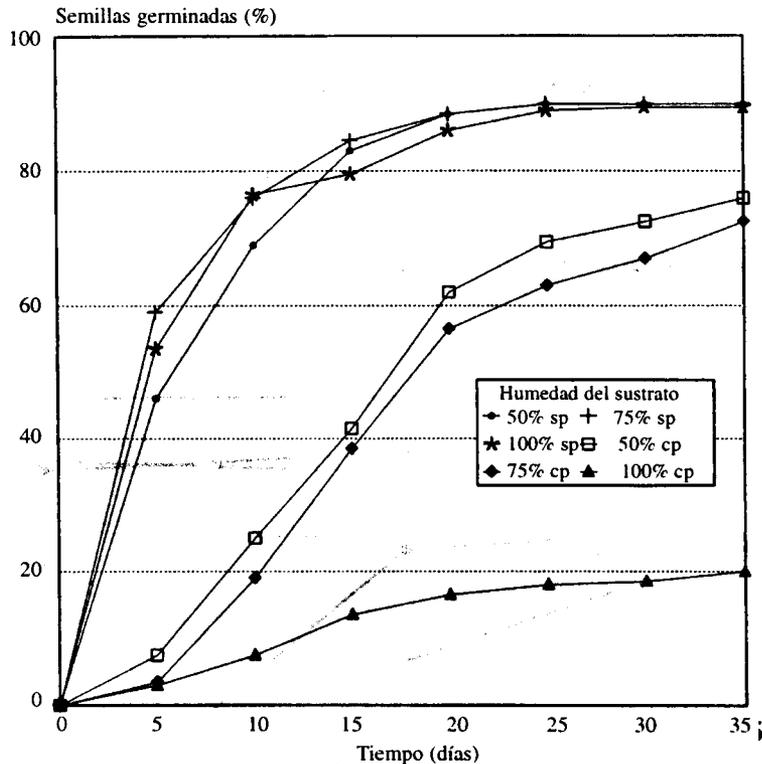


Fig. 2. Influencia del contenido de humedad del papel de germinación sobre la capacidad germinativa de semillas de café Caturra con y sin pergamino.

nivel de humedad de 100% se retardó la germinación, aunque al cabo de 65 días fue similar en los 3 niveles de humedad (Figura 3). En presencia de pergamino, la diferencia en germinación entre los niveles de humedad fue mucho más drástica, alcanzando 67%, 42% y 4% con humedades de 50%, 75% y 100%, respectivamente. En este último caso se puede decir que la germinación fue fuertemente inhibida.

Evolución del peso fresco, del peso seco y del contenido de humedad de la semilla durante su imbibición

La Figura 4 muestra la evolución del peso fresco y seco de semillas de café durante 5 días. En presencia de pergamino se aprecia un comportamiento errático del peso fresco durante las primeras 8 h. A partir de este momento y hasta las 96 h se observó una tendencia creciente la cual posteriormente se estabilizó. En ausencia de pergamino el peso fresco mostró el mismo com-

portamiento, aunque con una magnitud de oscilación de peso total menor.

En relación con el peso seco, tanto en presencia como en ausencia de pergamino, se observó un comportamiento similar al del peso fresco durante las primeras 10 h. Posteriormente, el peso seco prácticamente no mostró variaciones importantes.

La Figura 5 permite apreciar la evolución del contenido de humedad de la semilla con y sin pergamino. En ambos casos el contenido de humedad mostró un aumento relativamente consistente hasta las 24 h en semilla con y sin pergamino, cuando tiende a estabilizarse. Cabe comentar que durante las primeras 10 h los cambios de humedad fueron erráticos.

Características de las plántulas obtenidas

El número de plántulas anormales fue significativamente mayor (≤ 0.01) cuando se utilizó arena a 100% de su capacidad de retención de agua

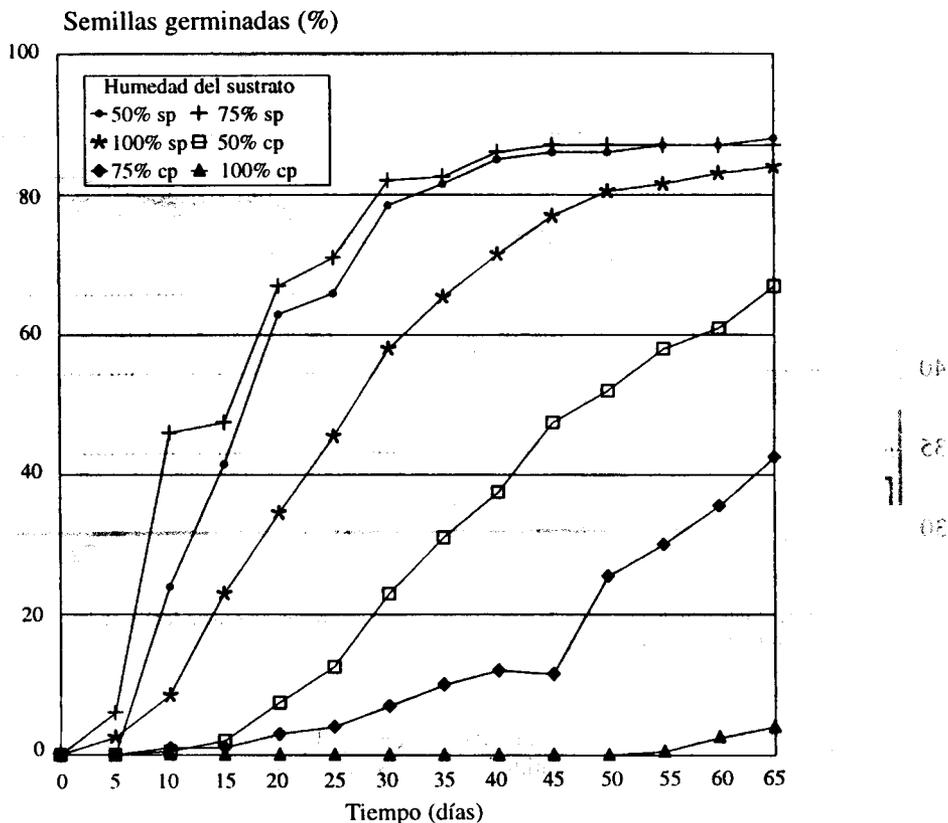


Fig. 3. Influencia del contenido de humedad de la arena sobre la germinación de semillas de café Caturra con y sin pergamino.

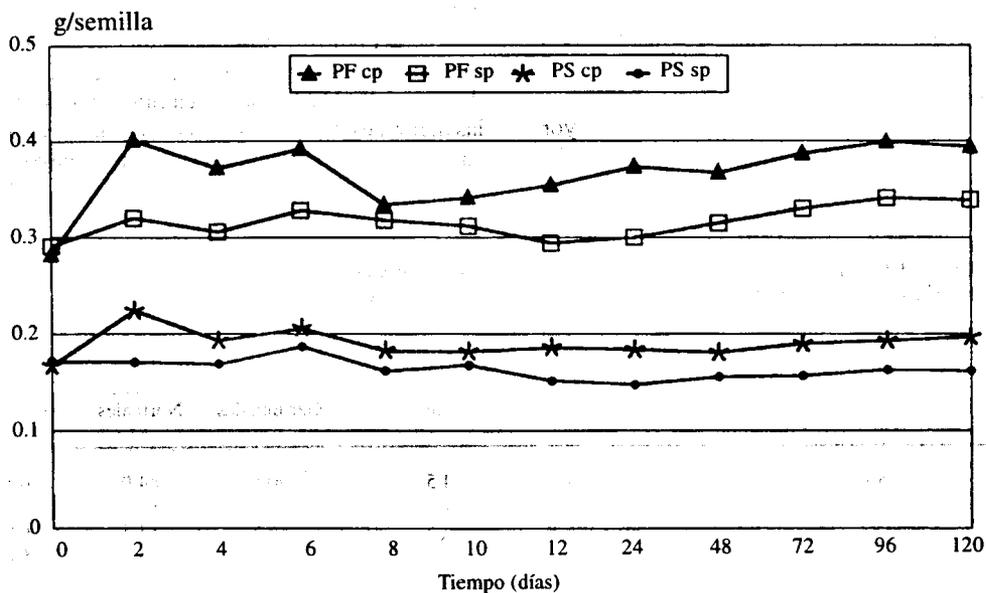


Fig. 4. Evolución del peso fresco (PF) y del peso seco (PS) de semillas de café (Caturra) en presencia (cp) o ausencia (sp) de pergamino. Resultados promedio de 10 semillas por medición.

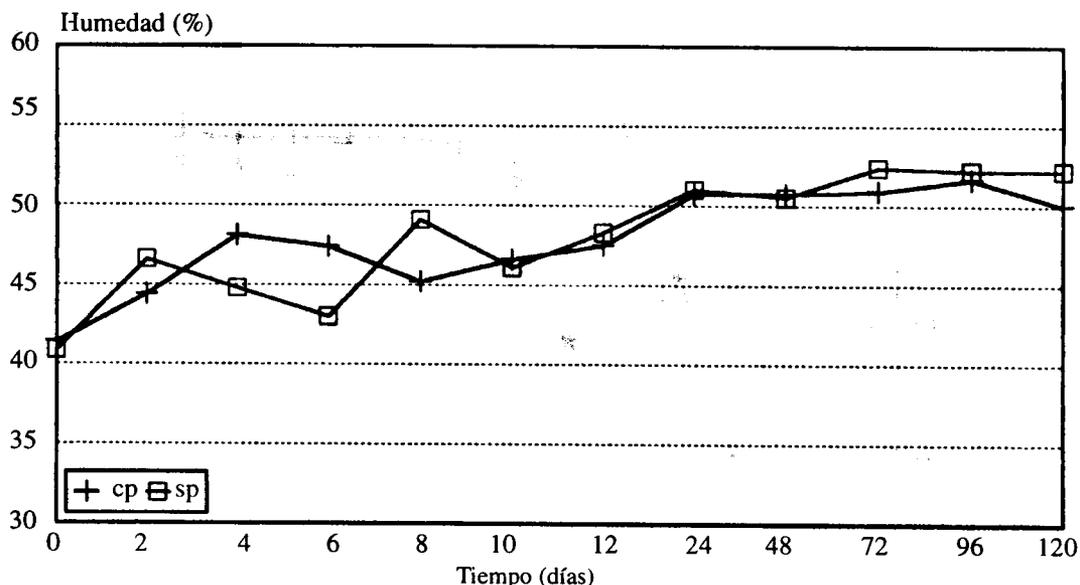


Fig. 5. Evolución del contenido de humedad de semillas de café (Caturra) en presencia (cp) o ausencia (sp) de pergamino. Resultados promedio de 10 semillas por medición.

y semilla con pergamino (Cuadro 1). En las demás combinaciones de sustrato y contenido de humedad no hubo efecto sobre el desarrollo normal de las plántulas. Asimismo, el uso de arena con humedad de saturación (100%) redujo en más de 45% ($\alpha = 0.01$) el número de plántulas normales o % de germinación. Finalmente, resulta evidente que la germinación fue considerablemente mayor en todos los casos en que se utilizó semilla sin pergamino.

El peso seco de las plántulas fue mayor cuando se empleó arena como sustrato (Cuadro 2), excepto cuando se sembró semilla con pergamino

en papel y en arena al 100% de saturación, en cuyo caso el peso fue sustancialmente menor. Las semillas sin pergamino produjeron plántulas más pesadas que las semillas con pergamino. Además, el contenido de humedad del sustrato prácticamente no tuvo efecto sobre el peso seco de las plántulas cuando éstas provenían de semillas sin pergamino.

La Figura 6 muestra el efecto de los tratamientos sobre la altura final de las plántulas. Es evidente que la semilla sin pergamino produjo plántulas mejor desarrolladas y con mayor altura en ambos sustratos y que la arena favoreció una mayor altura en comparación con el uso de papel. Sin embargo,

Cuadro 1. Efecto del sustrato utilizado para germinar semillas de café Caturra con y sin pergamino, así como su contenido de humedad sobre las características de plántulas obtenidas (Valores promedio de 15 plántulas)

Semilla	Contenido Humedad (%)	Plántulas (%)					
		Papel			Arena		
		Germinadas	Normales	Anormales	Germinadas	Normales	Anormales
Sin pergamino	50	88.5	84.0	4.5	90.5	84.0	6.5
	75	89.0	84.5	4.5	92.0	86.0	6.0
	100	91.0	85.5	5.5	89.5	83.5	6.0
Con pergamino	50	81.5	77.0	4.5	79.0	73.0	6.0
	75	78.0	75.5	2.5	62.0	56.0	6.0
	100	35.5	28.0	7.5	20.5	7.0	13.5

Cuadro 2. Efecto del sustrato y de su humedad sobre el peso seco de las plántulas de café Caturra provenientes de semillas con y sin pergamino. Resultados al cabo de 35 días.

	Contenido de humedad (%)	Peso seco promedio de las plántulas (g)	
		Papel	Arena
Sin pergamino	50	0.38a	0.56b
	75	0.38a	0.71a
	100	0.38a	0.69a
Con pergamino	50	0.28ab	0.51a
	75	0.33a	0.42b
	100	0.21b	0.07c

Muestras con una misma letra no difieren significativamente entre sí.

Altura (cm)

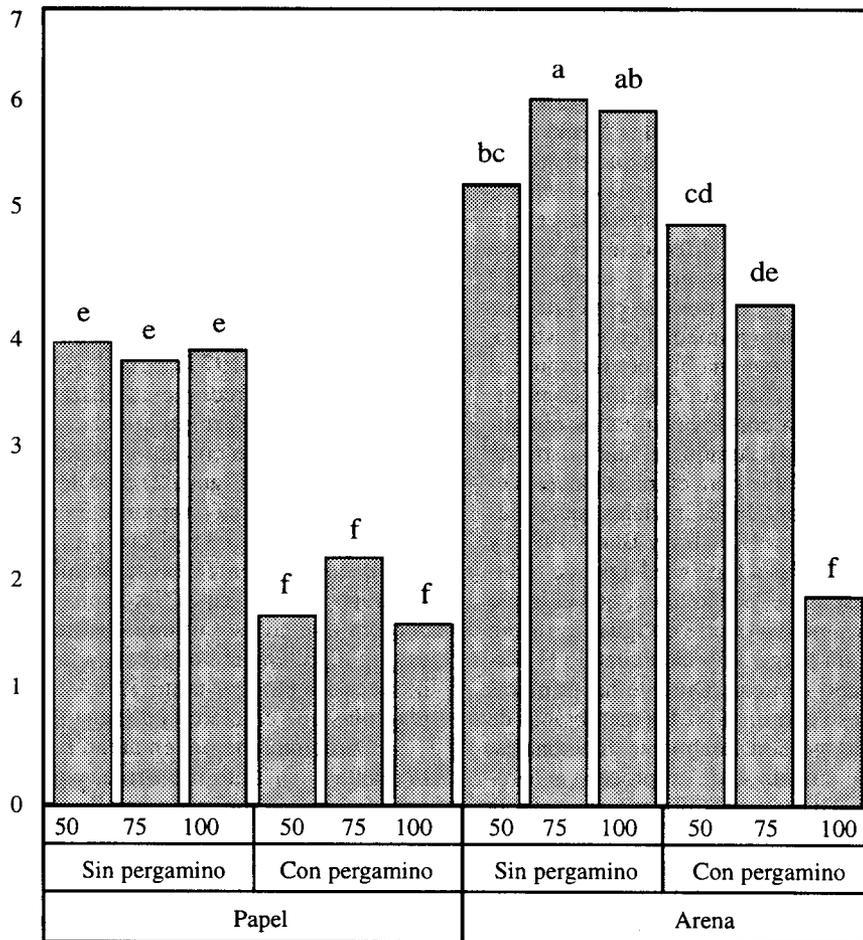


Fig. 6. Influencia del pergamino, del tipo de sustrato y del contenido de humedad del mismo sobre la altura promedio de plántulas de café. Barras con una misma letra no difieren significativamente entre sí. Resultados después de 35 días después de la siembra.

cuando la semilla con pergamino se sembró en arena, el aumento en la cantidad de agua del sustrato redujo el crecimiento de las plántulas. Las plántulas más altas se obtuvieron con semilla sin pergamino y en arena con 75% de saturación de humedad, que no difirió ($\alpha = 0.05$) de la respuesta observada con el mismo sustrato pero al 100% de saturación. Con el empleo de papel, la altura de las plántulas provenientes de semillas sin pergamino fue mayor ($\alpha = 0.05$) que las de las que provenían de semilla con pergamino. Sin embargo, con este sustrato no se observaron diferencias debidas a la humedad.

DISCUSION

De acuerdo con los resultados obtenidos en este experimento se confirmó que la presencia del pergamino en sustratos con altos niveles de agua obstaculizó e incluso de alguna forma inhibió la germinación. Si se considera que en ausencia del pergamino, los niveles de agua del sustrato no tuvieron mayor influencia sobre la germinación y que no se observó diferencias en la tasa de absorción de agua en presencia o ausencia del mismo (Figuras 4 y 5), es posible concluir que bajo condiciones de alta humedad en el sustrato, el pergamino actúa como una barrera limitante al suministro de oxígeno hacia el embrión, consideración que concuerda con los resultados obtenidos por Huxley (1964). Aunque el suministro de oxígeno es indispensable para el inicio del proceso germinativo, las cantidades iniciales necesarias son relativamente bajas (Bewley y Black 1994) y éstas son suministradas a través del agua de imbibición. Puede asumirse, por lo tanto, que el inicio del proceso germinativo ocurre de igual forma en semillas con y sin pergamino, aún cuando el sustrato esté saturado de agua. Durante las primeras etapas del proceso germinativo, las membranas de las mitocondrias no son totalmente funcionales, por lo que normalmente se da un proceso anaeróbico (Bewley y Black 1994). Es tan solo con la reorganización de las membranas mitocondriales que se inicia el proceso respiratorio normal. Al respecto, Guevara et al. (1992) sumergieron semillas de café en diferentes tratamientos por espacio de 6 h, sin que esto influyera negativamente sobre el proceso germinativo, si, posteriormente, las semillas se colocaban en condiciones adecuadas de oxígeno.

La restricción del paso del oxígeno hacia el embrión probablemente se deba a la formación de una película de agua alrededor de la semilla, que provoca (en forma externa) una condición parcialmente anaeróbica. La acción negativa del pergamino sobre la germinación se presenta entonces en condiciones de alta humedad del sustrato, en este caso cuando la humedad fue de 75 y 100%. La semilla de café imbibida no presenta reposo y por lo tanto su metabolismo está activo y susceptible a los diferentes factores externos (Côme 1983). Si la semilla permanece en esta condición por un tiempo prolongado, se afectaría su potencial germinativo. En general, semillas totalmente recubiertas de agua no germinan (Côme 1983), ya que en estos casos el agua limita la disponibilidad de oxígeno para el metabolismo del embrión.

El mayor porcentaje de germinación en arena con 50% de saturación de agua concuerda con la recomendación hecha para la germinación de cereales (Renard 1975). En presencia del endocarpo, la germinación es siempre menor en este sustrato, en comparación con la germinación sobre papel. Ello sugiere que en arena, además de estar el pergamino saturado con agua, existe una capa externa de líquido que lo recubre, con lo cual el suministro de oxígeno se ve disminuido. Este fenómeno es muy común en este tipo de sustrato (Renard 1975),

El mayor crecimiento observado en ausencia del pergamino se pudo deber a que estas semillas germinaron con anterioridad a las semillas con pergamino (Figura 2), con lo cual iniciaron su crecimiento más temprano. Es interesante notar, sin embargo, que el crecimiento fue mayor en plantas provenientes de semillas sembradas en arena que en papel. Es probable que ello se debió a que en esta última condición, la semilla estuvo directamente expuesta a la luz por lo que no necesitó elongar tanto el hipocótilo como las plántulas que crecieron en arena (Figura 6).

Adicionalmente, en arena la adherencia de la planta al sustrato fue firme, y el sistema radical presentó un mejor desarrollo de raíces secundarias, que le permitieron una mejor absorción de agua (y probablemente nutrientes) y por lo tanto, un mayor crecimiento. Por ello, el uso de papel como sustrato, aunque adecuado para evaluar la germinación, no lo es para estudiar el posterior crecimiento y desarrollo de la plántula. La ausencia de diferencias ($\alpha = 0.01$) en la longitud de las plantas evidencia que una vez germi-

nada la semilla, el nivel de agua del papel deja de tener influencia.

De todo lo anterior, se puede sintetizar que una adecuada germinación de la semilla de café con pergamino requiere un manejo cuidadoso en el suministro de agua, con el fin de tener una oxigenación apropiada, tanto en el suelo como en condiciones de laboratorio. En las condiciones de este experimento, ello se logró cuando el suministro de agua fue no mayor del 50% de la capacidad del sustrato. Los criterios de germinación obtenidos en el presente trabajo están siendo utilizados de forma rutinaria para el control de calidad en semillas de café en el Centro para Investigaciones en Granos y Semillas de la Universidad de Costa Rica.

LITERATURA CITADA

- AOSA (Association of Official Seed Analysts). 1989. Rules for testing seeds. *Journal of Seed Technology* 12(3):1-124
- BARBOZA, R.; HERRERA, J. 1990. El vigor en la semilla de café y su relación con la temperatura de secado, el contenido de humedad y las condiciones de almacenamiento. *Agronomía Costarricense* 14(1):1-8.
- BENDAÑA, F.E. 1962. The physiology of coffee seeds. II. Factors retarding germination, parchment. *Turrialba* 14:76-79.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. 1994. *Seeds: physiology of development and germination*, 2 ed. New York. USA. Plenum Press. 445 p.
- CÔME, D. 1983. Germination. In *Croissance et Développement. Physiologie Végétale II*. Ed. by P. Mazliak, Paris, Hermann. p. 129-225.
- GUEVARA, E.; HERRERA, J.; ALIZAGA, R. 1992. Efecto de la cianamida hidrogenada en la semilla de café (*Coffea arabica*) cv. Caturra. II. Influencia sobre el metabolismo germinativo. *Agronomía Costarricense* 16(2):177-185.
- HERRERA, J.; GUEVARA, E.; BARBOZA, R. 1989. Efecto de la cianamida hidrogenada en la semilla de café (*Coffea arabica*) cv. Caturra. I. Influencia en la germinación. *Turrialba* 39(3):287-292.
- HUXLEY, P.A. 1964. Some factors which can regulate germination and influence viability of coffee seeds. *Proc. Int. Seed Test. Assoc.* 29(1):33-65.
- ISTA (International Seed Testing Association). 1976. International rules for seed testing. Rules 1976. *Seed Science and Technology* 4(1):1-72.
- KLAR, A.E. 1972. Germinação do café sob diferentes potenciais de umidade do solo. *Ciencia e Cultura* 21(7):630-639.
- ORTUÑO, F. 1982. Efecto de las condiciones de almacenamiento sobre la viabilidad y el vigor de la semilla de café (*Coffea arabica* L.), Tesis. Ing. Agr. San Pedro. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 43 p.
- OSEI-BONSU, K.; AMPOFO, S.T.; AMOAH, F.M. 1989. Coffee seed germination. II. The effects of some pretreatments on coffee (*Coffea canephora*) seed germination. *Café, Cacao, Thé* 23(4):223-228.
- RENARD, H.A. 1975. Les techniques de germination, critères pratiques et signification. In *La Germination des Semences*. Ed. by R. Chaussatet Y. Le Deunff. Paris, Gauthiers-Villars. p. 171-189.
- VALIO, I.F.M. 1980. Inhibition of germination of coffee seeds (*Coffea arabica* L. cv. Mundo Nuovo) by the endocarp. *Journal of Seed Technology* 5(1):32-39.