

## EFECTO DE LA MADUREZ DEL FRUTO DE CAFE (*Coffea arabica*) cv. CATURRA SOBRE LA GERMINACION Y EL VIGOR DE LAS SEMILLAS<sup>1</sup>

Jorge Herrera \*  
Ramiro Alizaga \*  
Gustavo Alizaga \*\*

### ABSTRACT

Effect of fruit maturity upon germination and vigor in coffee (*Coffea arabica*) seeds cv. Caturra. The effect of three different maturation stages (unripe, half ripen and completely ripe) of coffee fruits on seed quality was evaluated during one year. The seeds were stored at 15 and 20°C. The results showed a rapid deterioration of seeds obtained from unripen fruits in its germination capacity and in parameters related to vigor, such as hypocotil length and seedling dry weight. The other two groups of seeds kept their viability and vigor for a longer period and showed no differences between them, except in the last evaluation when seeds obtained from ripe fruits had significantly higher germination values. Storage temperature was an important factor especially after six months when a sharp decline in germination, hypocotil length and seedling dry weight was detected in seeds stored at 20°C.

### INTRODUCCION

En Costa Rica, la semilla de café (*Coffea arabica* L.) se cosecha en forma manual entre los meses de octubre y enero. Al igual que el grano para consumo, se procura que el fruto presente un alto grado de madurez a la cosecha.

El momento apropiado de cosecha ha sido estudiado ampliamente en muchas especies de plantas cultivadas. En los cereales se considera que la semilla alcanza un máximo de germinación y vigor al momento de la madurez fisiológica (Bewley y Black, 1982; Kozlowsky, 1972; Roberts, 1982). Sin embargo, en el caso de algunos frutos como el café, Astolfi *et al.* (1981) determinó que la semilla de café alcanza la madu-

rez fisiológica antes de que el fruto madure plenamente.

Visweshara y Raju (1972) señalan que la germinación y la velocidad de la misma, se incrementan significativamente conforme aumenta la madurez del fruto. Sin embargo, esto no garantiza un comportamiento similar de la semilla después de un período de almacenamiento, sobre todo, si aparte de la germinación se consideran aspectos como el vigor, el cual se reduce más rápidamente que la capacidad de germinación. Reddy (1987) encontró que la capacidad de germinación de semillas extraídas de frutos totalmente maduros se conservó mejor que la de aquellas provenientes de frutos parcialmente maduros.

Entre las características asociadas al desarrollo de la plántula que se pueden utilizar para evaluar el vigor están el peso seco, la longitud del hipocótilo y la velocidad de germinación (Herrera y Alizaga, 1987). Barboza y Herrera (1990) encontraron que estas características correlacionan muy estrechamente con el vigor de la semilla de café.

Según Bewley y Black (1982) las semillas de café se clasifican como recalcitrantes, por lo

1/ Recibido para publicación el 22 de julio de 1992.

\* Centro para Investigaciones en Granos y Semillas, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Miembros del Programa de Apoyo Financiero a Investigadores del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) de Costa Rica.

\*\* Oficina Nacional de Semillas. Apdo 10309-1000 San José, Costa Rica.

que requieren altos contenidos de humedad para conservar su calidad fisiológica. Además, su viabilidad se mantiene por períodos cortos durante el almacenamiento. Sin embargo, Van der Vosen (1979) consiguió preservar una alta capacidad germinativa en semillas de café con baja humedad (10-11%) almacenadas durante 2 años a 15°C, aunque considerablemente menos vigorosas que semillas del mismo lote almacenadas con alta humedad (41%). En forma similar, Barboza y Herrera (1990) lograron mantener semilla húmeda (40%) del cultivar Caturra con germinaciones superiores a 80% por un año, almacenándolas a 10 y 15°C. Aguilera y Goldbach (1980) obtuvieron altos porcentajes de germinación al cabo de 6 meses manteniendo la semilla a 10°C y alta humedad relativa (80-90%).

La necesidad de relacionar en forma directa la madurez de la semilla con su calidad fisiológica motivaron la realización de este trabajo, cuyo objetivo fue determinar el efecto del grado de madurez del fruto sobre la germinación inicial y la conservación de la calidad de las semillas de café durante el almacenamiento.

## MATERIALES Y METODOS

Se cosecharon frutos de café cv. Caturra con 3 grados de madurez diferentes, en la localidad de San Pedro de Barva, provincia de Heredia. Para la primera categoría (fruto verde) se seleccionó frutos con exocarpo de color verde claro, indicación de que el inicio del proceso de maduración se encontraba próximo. Otras características de este grupo son: la producción incipiente de mieles y un fruto de tamaño desuniforme.

En la segunda categoría (fruto pintón) se seleccionó frutos que presentaran entre 25 y 65% de coloración rojiza y de tamaño relativamente uniforme; la última categoría consistió de frutos con coloración totalmente roja (fruto maduro) y tamaño uniforme.

Para cada categoría se realizaron evaluaciones del peso fresco y seco de 100 frutos, del contenido de humedad de los frutos y de las semillas y finalmente del peso fresco y seco de 100 semillas.

La extracción y el secado de las semillas se llevó a cabo en el Centro de Investigaciones en Café (CICAFE). Posteriormente, el contenido de humedad de las semillas se ajustó a 40% en el Centro para Investigaciones en Granos y Semillas de la Universidad de Costa Rica.

Las semillas provenientes de frutos con diferente grado de madurez se colocaron en doble bolsa de polietileno de 1,4 X 10<sup>-2</sup> cm de espesor, debidamente cerradas con el fin de evitar cambios en su contenido de humedad. Posteriormente se almacenaron en cámaras graduadas a 15 y a 20°C durante 12 meses.

Se tomaron muestras de las semillas almacenadas y se colocaron para su germinación en bandejas con arena acondicionada según las normas de la International Seed Testing Association (ISTA, 1976) a los 0, 3, 6, 9 y 12 meses de almacenamiento. Posteriormente, las semillas se pusieron en una cámara de germinación a 30°C. La evaluación de la germinación se realizó 45 días después y se determinó el porcentaje de plántulas normales, de plántulas anormales, de semilla dura y de semilla muerta, así como la longitud del hipocótilo y el peso seco de las plántulas.

Se utilizó un diseño estadístico irrestricto al azar en un arreglo factorial de 3 x 2, con 4 repeticiones de 50 semillas cada una. Para comparar las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de rango múltiple de Tukey.

## RESULTADOS

En la determinación de las características de los frutos y las semillas se encontró que los frutos incrementaron considerablemente su peso fresco y su peso seco conforme aumentó el grado de madurez (Cuadro 1).

Cuadro 1. Peso fresco, peso seco y contenido de humedad en frutos y semillas de café con 3 grados de madurez.

Madurez de fruto	Peso 100 frutos		Humedad		Peso 100 semillas	
	Fresco (g)	Seco (g)	Fruto (%)	Semilla (%)	Fresco (g)	Seco (g)
Verde	135,7	41,4	69,5	55,5	32,4	14,4
Pintón	148,4	42,9	71,1	58,5	37,3	15,5
Maduro	185,8	54,3	70,8	61,2	42,2	16,4

La humedad del fruto mostró pocas variaciones, situándose todos los valores muy cercanos a 70%. La humedad de la semilla recién cosechada (sin pulpa), mostró mayores diferencias en los porcentajes de humedad conforme aumentó la madurez del fruto.

No se encontraron diferencias ni tendencias en el porcentaje de materia seca, se registraron variaciones comprendidas entre 28,5 y 30,5%. Sin

embargo, la materia seca en función del peso de 100 semillas mostró incrementos significativos conforme aumentó la madurez del fruto.

**Grado de madurez del fruto**

En la primera evaluación (0 meses de almacenamiento) no se detectaron diferencias en germinación entre los 3 grados de madurez del fruto (Figura 1). En las siguientes evaluaciones, el porcentaje de plántulas normales fue significativamente menor ( $\alpha = 0,01$ ) en la semilla proveniente de frutos verdes que en la obtenida de frutos pintones y maduros. Entre las semillas de frutos pintones y maduros hubo diferencias altamente significativas ( $\alpha = 0,01$ ) únicamente a los 3 y 12 meses (Figura 1).

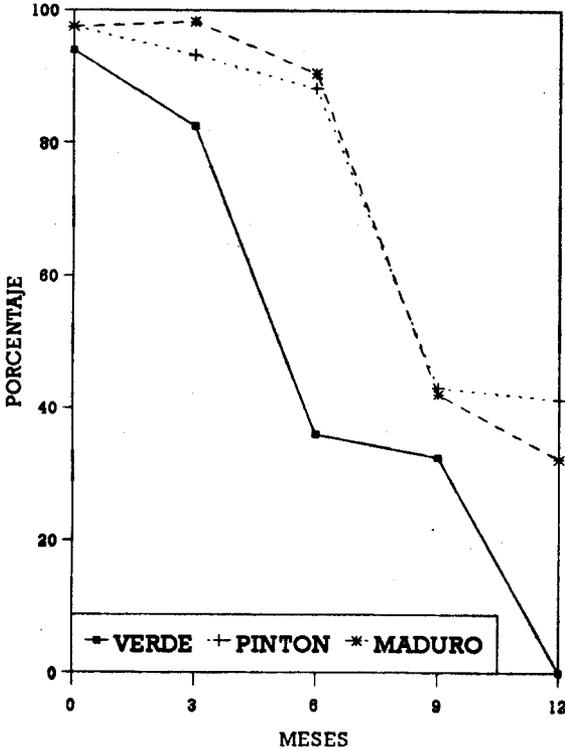


Fig. 1. Efecto de tres grados de madurez del fruto de café cv. Caturra sobre la germinación.

Se obtuvo diferencias significativas ( $\alpha = 0,01$ ) en la longitud del hipocótilo (Figura 2) únicamente a los 6 y 12 meses. En ambos casos la semilla de frutos pintones y maduros originó hipocótilos más largos que la semilla de frutos verdes.

Sin excepción, el peso seco de las plántulas provenientes de semillas de frutos verdes fue

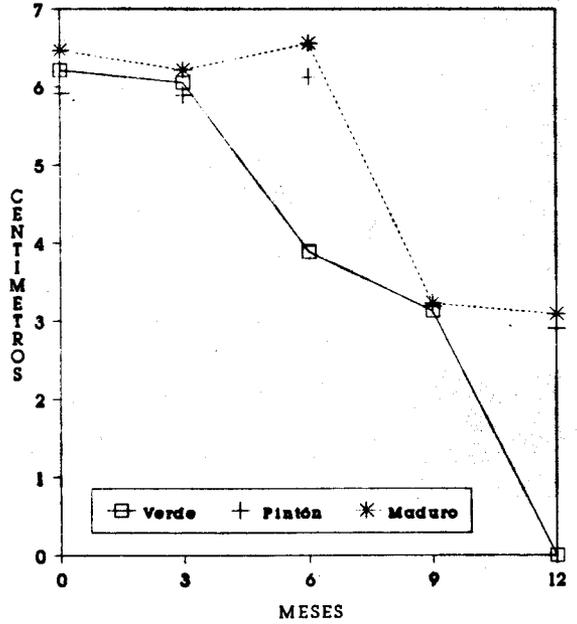


Fig. 2. Efecto del grado de madurez del fruto sobre la longitud del hipocótilo en semilla de café cv. Caturra.

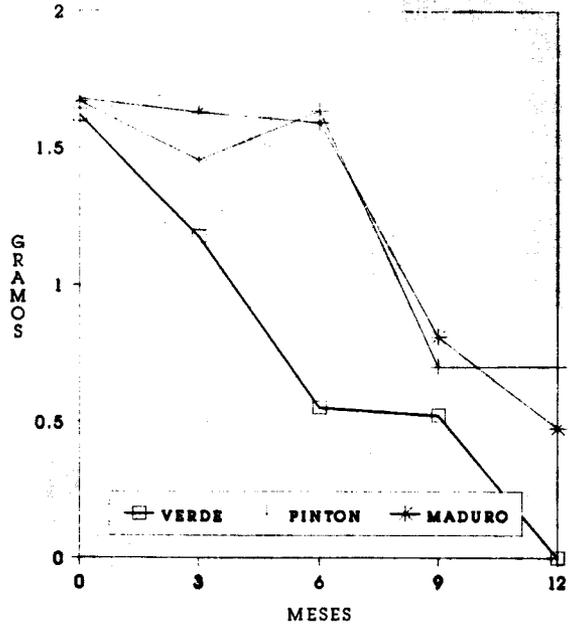


Fig. 3. Efecto del grado de madurez del fruto de café cv. Caturra sobre el peso seco de 10 plántulas.

menor y significativamente diferente ( $\alpha = 0,01$ ) a partir de los 3 meses (Figura 3). También se detectaron diferencias ( $\alpha = 0,01$ ) entre el peso

seco de plántulas originadas por semillas de frutos pintones y maduros después de 3, 9 y 12 meses de almacenamiento. Sin embargo, estas diferencias no siguen un patrón definido. Así a los 3 y 9 meses de almacenamiento, el peso de las plántulas fue significativamente mayor con semilla de frutos maduros, mientras que en la última evaluación el peso fue mayor con semillas de frutos pintones. En todo caso se observa (Figura 3) una tendencia decreciente en el peso seco de las plántulas a medida que avanzó el período de almacenamiento, independientemente del grado de madurez de las semillas.

#### Efecto de la temperatura de almacenamiento

La temperatura probó ser de gran importancia cuando la semilla se almacenó por varios meses. El porcentaje de plántulas normales fue similar en la primera y segunda evaluaciones. Sin embargo, a partir de la tercera se observó una disminución significativa ( $\alpha=0,01$ ) en las semillas almacenadas a 20°C (Figura 4).

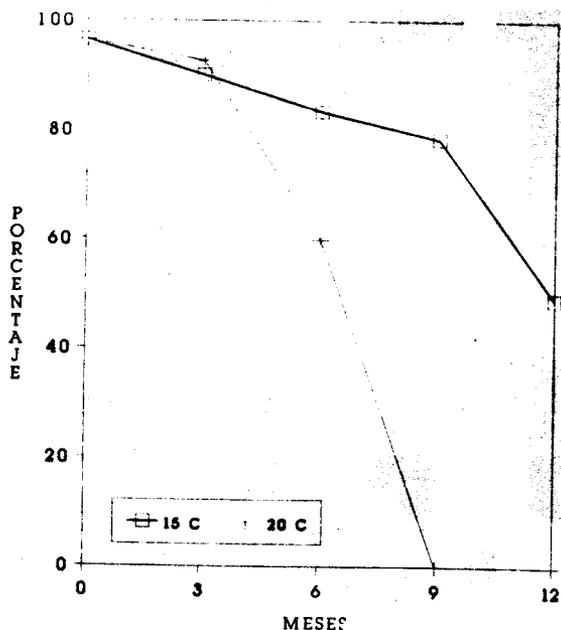


Fig. 4. Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la germinación en semilla de café cv. Caturra.

Resultados similares se obtuvieron en la longitud del hipocótilo (Figura 5) ya que no hubo diferencias a los 0 y 3 meses de almacenamiento. A partir de los 9 meses, la semilla almacenada a

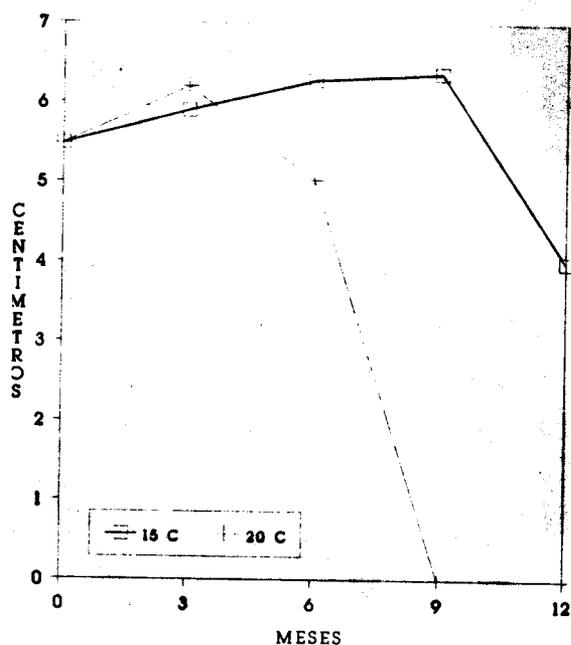


Fig. 5. Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la longitud del hipocótilo en plántulas de café cv. Caturra.

15°C produjo hipocótilos significativamente más largos que las almacenadas a 20°C.

El peso seco de las plántulas se mantuvo relativamente estable durante las primeras 4 evaluaciones cuando la semilla se almacenó a 15°C (Figura 6). Por el contrario, en semilla almacenada a 20°C hubo un brusco descenso a partir del tercer mes. En términos generales, el peso seco de las plántulas provenientes de la semilla almacenada a 15°C fue superior, excepto al tercer mes, cuando se observó un mayor peso seco con las semillas conservadas a 20°C.

En la Figura 7 se observa el efecto de la interacción entre la madurez del fruto y la temperatura de almacenamiento sobre la germinación de la semilla. En general, se puede observar que la semilla almacenada a 15°C mantuvo una germinación mayor y por un período más prolongado que la almacenada a 20°C. Además, independientemente de la temperatura de almacenamiento, la germinación de la semilla proveniente de frutos verdes declinó más rápidamente.

#### DISCUSION

El aumento observado en el peso fresco y seco de los frutos (Cuadro 1) conforme aumenta

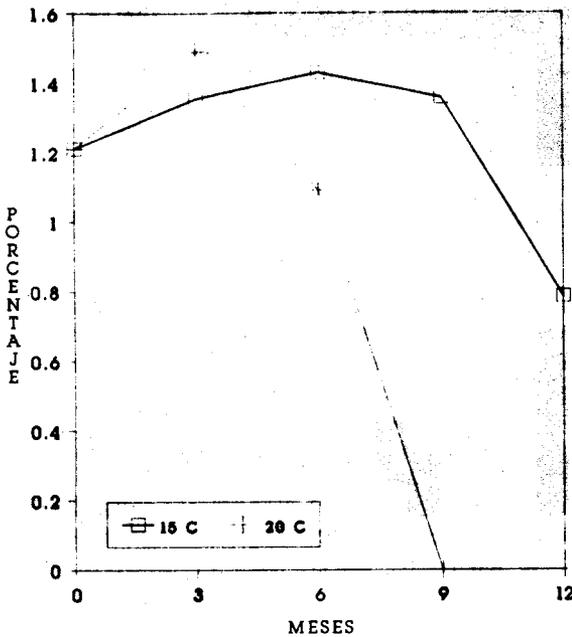


Fig. 6. Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre el peso seco de 10 plántulas de café cv. Caturra.

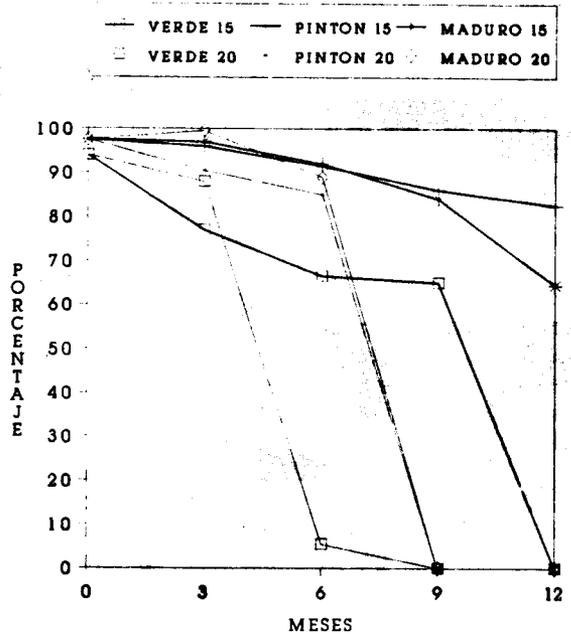


Fig. 7. Efecto de la interacción entre el grado de madurez del fruto y la temperatura de almacenamiento sobre la germinación de la semilla de café cv. Caturra.

el grado de madurez, puede explicarse con base en lo señalado por Moraes y Catani (1964) quienes estudiaron la absorción de elementos minerales por el fruto durante su formación. Ellos determinaron que la acumulación de materia seca aumenta conforme el fruto se desarrolla, especialmente durante las últimas semanas que anteceden el final de la maduración. Al respecto, Segura (Comunicación personal, 1992. Heredia, CICAPE) manifiesta que en las últimas 5 semanas previas a la madurez (30 semanas después de la antesis), el peso seco del fruto aumenta cerca de un 30% en el cultivar Caturra, aunque el diámetro y la longitud aumentan únicamente alrededor de un 8% durante el mismo período. Este aumento en el peso se debe fundamentalmente a la expansión del pericarpio y a un aumento del contenido de mieles (Keller *et al.*, 1972). Puschman (1975) encontró que entre las semanas 22 y 26 después de la antesis el contenido de azúcares y el peso de los frutos se mantiene constante, pero durante la últimas 5 ó 6 semanas el contenido de azúcares solubles en alcohol aumenta de 5 a 80 mg por fruto. Además, el autor señala que al final de la madurez el acúmulo de azúcares reductores es 60% mayor que el de sacarosa. También observó que el peso seco del

pericarpio aumenta notablemente en estas últimas semanas, pasando de 95 a 175 mg/fruto.

El contenido de humedad de los frutos fue muy similar en los 3 grados de maduración. Por el contrario, la humedad de la semilla aumentó con el grado de madurez de los frutos, lo cual parece no coincidir con el comportamiento general de la humedad durante la maduración de las semillas, ya que ésta tiende a disminuir conforme se acerca a la madurez fisiológica, estadio que coincide con el máximo peso seco de la semilla. A pesar de que León y Fournier (1962) y Keller *et al.* (1972) consideran que 25 a 28 semanas después de la antesis el endocarpio se lignifica e impone una restricción mecánica a la posterior expansión de la semilla y que el subsiguiente crecimiento del fruto durante la etapa de maduración (semanas 30 a 36) se debe a la expansión del pericarpio, en este trabajo se observó que el peso seco de las semillas se incrementa conforme los frutos se acercan a la madurez total. Esto significa que durante las últimas semanas continúa el transporte de asimilados hacia la semilla, y el hecho de que estos sean de naturaleza hidrofílica puede explicar el mayor porcentaje de humedad en las semillas de frutos maduros.

### Efecto de la madurez del fruto

La madurez del fruto probó ser un factor de gran importancia en la calidad de la semilla desde el punto de vista de su germinación, lo cual coincide con lo manifestado por Koslowsky (1972) y Roberts (1972), quienes sostienen que la germinación de semillas fisiológicamente maduras se mantiene por períodos más prolongados. Sin embargo, en este trabajo la germinación logró mantenerse por más tiempo en semilla proveniente de frutos pintones almacenada a 15°C; esto parece indicar que dicha semilla alcanzó la madurez, por lo que puede conservarse por períodos prolongados con menor detrimento de la calidad (Figura 7).

La reducción paulatina en la longitud del hipocótilo y en el peso seco de las plántulas evidenció el deterioro fisiológico de la semilla durante el almacenamiento. En un trabajo anterior, realizado en semilla de café (Barboza y Herrera, 1990), la longitud del hipocótilo probó estar estrechamente correlacionada con el vigor, disminuyendo paulatinamente conforme la semilla envejece. Por el contrario, el peso seco de las plántulas no permitió detectar el deterioro sufrido por las semillas a través del tiempo.

Si se considera el hecho de que el vigor se reduce con mayor rapidez que la capacidad de germinación y que cualquier alteración en éste es más difícil de detectar (Roberts, 1972), se evidencia la importancia de conocer esta característica de la semilla cuando se desea almacenarla o bien cuando las condiciones ambientales no son apropiadas al momento de la siembra.

En este trabajo no se observaron diferencias significativas en el porcentaje de germinación cuando la semilla de frutos en diferentes estados de madurez se sembró inmediatamente después de la cosecha. Esto no coincide con lo manifestado por Visweshwara y Raju (1972), quienes encontraron diferencias en la germinación de semillas obtenidas de frutos verdes y maduros. Es posible que la caracterización de fruto verde utilizada por estos autores no coincida con la de este trabajo. En este experimento, como se apuntó anteriormente, los frutos verdes mostraban un color verde generalizado, aunque la producción de mieles ya se había iniciado. Lo anterior, aunado al menor peso seco de sus semillas con respecto a las de frutos maduros, indican que el punto de madurez fisiológica no se había alcanzado.

Abdul-Baki (1980) considera que la mayoría de las semillas almacenan más reservas de las que normalmente requieren para germinar y producir una plántula. Sin embargo, los resultados muestran un menor acúmulo de materia seca (26%) en las semillas de frutos verdes, que por su magnitud, pudo afectar negativamente la calidad fisiológica de las semillas durante el almacenamiento.

Según Vaughan y Moore (1970) la semilla inmadura de maní se deteriora más rápidamente que la madura durante el almacenamiento, debido a que en las primeras, las enzimas se encuentran en un estado más activo y por lo tanto, contrario a las semillas maduras, la respiración ocurre a una tasa mayor cuando las semillas se almacenan húmedas. Es muy probable que las semillas inmaduras (fruto verde) de café, al ser almacenadas con un 40% de humedad, presenten este mismo fenómeno.

Sin considerar la temperatura de almacenamiento, la germinación, el peso seco y la longitud del hipocótilo mostraron un comportamiento muy similar a través del tiempo, aunque en la semilla verde se evidenció una disminución más rápida.

A partir del noveno mes de almacenamiento se detectó un rápido descenso en los 3 grados de madurez. Esto no concuerda con lo encontrado por Barboza y Herrera (1990), quienes lograron almacenar semilla de café por 9 meses bajo condiciones similares y con germinaciones superiores a 80%. A pesar de que en ambos trabajos se empleó el mismo cultivar, es muy factible que la calidad fisiológica inicial de ambos lotes fuese diferente, y que esta condición afectara la almacenabilidad de la semilla. Van der Vossen (1979) logró 70% de germinación en semilla de café almacenada con 48% de humedad durante 24 meses. Aunque Aguilera y Goldbach (1980) sólo almacenaron su semilla por 6 meses, establecieron que una alta humedad (superior a 40%) era necesaria para mantener la germinación (74%). Resultados similares han sido obtenidos por Da Silva y Días (1985) y Valio (1976).

### Efecto de la temperatura de almacenamiento

La temperatura de almacenamiento fue un factor crítico en la conservación de la semilla. Los resultados indican que el número de semillas germinadas, la longitud del hipocótilo y el peso seco de la plántula puede mantenerse sin detrimento a

20°C por períodos cortos (hasta 3 meses), ya que ocurre un rápido descenso en estas variables después de 6 meses de almacenamiento. A pesar de que el objetivo principal de este trabajo no fue evaluar el efecto de la temperatura sobre el almacenamiento, la evidencia muestra claramente que la temperatura de 15°C es más conveniente para almacenar semilla que la de 20°C (Figura 4). En general la literatura cita como apropiadas temperaturas entre 10 y 15°C para la conservación de la viabilidad y el vigor de la semilla de café (Aguilera y Goldbach, 1980; Barboza y Herrera, 1990; Da Silva y Dias, 1985; van der Vossen, 1979).

Desde un punto de vista práctico no parece conveniente utilizar semilla proveniente de frutos verdes, pues presenta dificultades en el proceso de despulpado. Además, resulta evidente que esta semilla se deteriora con mayor rapidez. Por estas razones, para lograr una mejor conservación de la semilla y un mayor potencial germinativo, en la composición de la semilla cosechada deben predominar los frutos pintones y maduros.

### RESUMEN

Se evaluó durante un año el efecto de 3 diferentes estados de madurez (verde, pintón y completamente maduro) de frutos de café sobre la calidad de las semillas. Las semillas fueron almacenadas a 15 y 20°C.

Los resultados mostraron un rápido deterioro de las semillas provenientes de frutos verdes en su capacidad de germinación y en parámetros relacionados a vigor, tales como el largo de hipocótilo y peso seco de plántulas.

Los otros 2 grupos de semillas conservaron su viabilidad y vigor por un período más largo y no mostraron diferencias entre sí, excepto en la última evaluación, en la que las semillas obtenidas de frutos maduros presentaron valores de germinación significativamente mayores.

La temperatura de almacenamiento fue un factor importante especialmente después de 6 meses cuando se detectó una brusca declinación en la germinación, en el largo del hipocótilo y en peso seco de plántulas en las semillas almacenadas a 20°C.

### LITERATURA CITADA

ABDUL-BAKI, A. 1980. Biochemical aspects of seed vigour. Horticultural Science 15(6):765-771.

AGUILERA, H.; GOLDBACH, H. 1980. Storage of coffee (*Coffea arabica* L.) seed. Journal of Seed Technology 5(2):7-12.

ASTOLFI, P.; PEDROSO, P.; CARVALHO, N.; SADER, R. 1981. Maturação de sementes de café. Científica 9(2):289-294.

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.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. 1982. Physiology and Biochemistry of Seeds in relation to germination. Viability, Dormancy and Environmental Control. Berlín, Springer-Verlag. v.2. 375 p.

DA SILVA, W.R.; DIAS, M.C.L. DE L. 1985. Interferencia do teor de umidade das sementes de café na manutenção de sua qualidade fisiológica. Pesquisa Agropecuária Brasileira 20(5):551-560.

HERRERA, J.; ALIZAGA, R. 1987. Efecto de la cosecha y procesamiento sobre la calidad de semilla de 2 cultivares de soya (*Glycine max* L.) Merrill). Agronomía Costarricense 11(1):109-116.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). 1976. Reglas internacionales para ensayos de semillas. Madrid, Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero. 184 p.

KELLER, H.; WANNER, H.; BAUMANN, T. 1972. Kaffein synthese in Früchten und Gewebekulturen von *Coffea arabica*. Planta (Berl.) 108:339-350.

KOZLOWSKI, T.T. 1972. Seed Biology. Germination Control, Metabolism and Pathology. New York, Academic Press. v.2. 447 p.

LEON, J.; FOURNIER, L. 1962. Crecimiento y desarrollo del fruto de *Coffea arabica* L. Turrialba 12(2):65-74.

MORAES, F.; CATANI, R. 1964. Absorção de elementos minerais pelo fruto do cafeeiro durante a sua formação. Bragantia 23:331-336.

PUSCHMANN, R. 1975. Características bioquímicas do fruto do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) durante a maturação. Tesis M.Sc. Voçosa, Universidade Federal de Viçosa, Faculdade de Agronomia. 35 p.

REDDY, L.S. 1987. Effect of different stages of maturity and post harvest treatments on the seed viability of *Coffea arabica* L. Journal of Coffee Research 17(1):14-25.

ROBERTS, E.H. 1972. Viability of Seeds. London, Chapman and Hall. 448 p.

VALIO, I.F.M. 1976. Germination of coffee seeds (*Coffea arabica* L. cv. Mundo Novo). Journal of Experimental Botany 27(100):983-991.

VAN DER VOSSEN, H.A.M. 1979. Methods of preserving the viability of coffee seed in storage. *Seed Science and Technology* 7(1): 65-74.

VAUGHAN, C.E.; MOORE, R.P. 1970. Tetrazolium evaluation of the nature and progress of deterioration of pea-

nut (*Arachis hypogea* L.) seed in storage. *Proceedings of the Association of Official Seed Analysts* 60: 104-117.

VISWESHWARA, S.; RAJU, K.S.K. 1972. Seed germination in coffee. *Indian Coffee*. 36 (Aug-Sept): 278-290.