

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA  
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE

PRINCIPIOS GENERALES DEL ALMACENAMIENTO  
DE SEMILLAS

José Horacio Rivera Posada\*

INTRODUCCION

Para la generalidad de las plantas las condiciones que mantienen la viabilidad de las semillas en almacenamiento son aquellas que decrecen la respiración y otros procesos fisiológicos, sin perjudicar al embrión. Tales condiciones están asociadas con una baja humedad y una temperatura igualmente reducida. La ausencia de oxígeno y de radiaciones de alta energía aumentan también el tiempo de vida de las semillas almacenadas (5, 10, 11, 14, 15, 18 ).

Como regla general, reducciones en contenido de humedad a partir del 14% y en la temperatura de almacenamiento, prolongan el período de vida de la semilla, pero cada clase de planta tiene límites inferiores de tolerancia específicos, para ambos factores. Hay semillas que no pueden secarse por debajo de un 30% de humedad sin pérdida casi total de la germinación, mientras otras soportan humedades de menos del 1% con ventajas aparentes para su almacenamiento. Algo similar ocurre con la temperatura, que en algunas especies puede ser muy inferior a cero grados mientras otras especies tienen niveles críticos relativamente altos. (14).

---

\* Estudiante de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Tolima, Ibagué. Trabajo elaborado en práctica extrauniversitaria realizada en el Centro Nacional de Investigaciones de Café- CENICAFE - Chinchiná, Caldas, Colombia. Dic. 1979

A pesar de que temperatura y humedad se acondicionen a los mejores niveles, la viabilidad puede perderse por envejecimiento de la semilla. Las causas que provocan el envejecimiento son poco conocidas, pero se ha propuesto una serie de teorías que tratan de explicarlo.

Para fines prácticos las técnicas de almacenamiento de la semilla tratan de preservar su viabilidad y vigor (capacidad de producir plantas normales y vigorosas) por un tiempo económicamente útil.

El caso del café está poco estudiado pero existe suficiente información para afirmar que es un tipo de semilla que puede secarse a niveles comunes en otras especies y que puede conservarse por tiempo considerable, entre uno y cuatro años.

## 1. CONDICIONES ADECUADAS PARA EL ALMACENAMIENTO DE SEMILLA

### 1.1 Relación entre la humedad del aire y la humedad de la semilla

Existe una dependencia mutua entre la humedad de la semilla y la humedad del aire del recinto o del recipiente en que se almacena, ya que ambos, semilla y aire, tienen la propiedad de ceder o absorber agua hasta que se establece un equilibrio (6, 11, 12, 13, 17, 18).

Para cada especie o tipo de semilla existe una humedad de equilibrio específica, es decir, a una humedad relativa del aire corresponde una humedad característica para cada especie de semilla. Estas diferencias se deben a la composición química de las semillas (14, 16). Las que tienen un alto contenido de proteínas son más higroscópicas que aquellas en que contienen celulosa y almidones. Por otra parte, las semillas ricas en lípidos son hidrófobas. Un ejemplo de esto puede verse en datos citados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (10) : al almacenar semillas de maní, maíz dulce y frijoles en una misma humedad relativa, se alcanzan humedades de equilibrio de 3 %, 13-14 % y 15-18 %, respectivamente. Se observó que semillas de nabo y de frijol alcanzaron humedades de equilibrio del 3 % y 12 %, respectivamente al almacenarlas a una humedad relativa de 65 % y a temperatura de 26.7°C.

Son bien conocidas las curvas de equilibrio de humedad para diferentes clases de semilla. Se trata de determinar el contenido de humedad de las semillas cuando alcanzan el equilibrio colocadas en atmósferas con humedades relativas crecientes. Estas curvas pueden determinarse de dos maneras: cuando la semilla absorbe agua para alcanzar el equilibrio (absorción) y cuando la cede (desorción). La temperatura en que se hace el experimento también influye en la humedad de equilibrio, pero la variación es muy poca para diferencias menores de 10°C (17).

En la figura 1, se observan las curvas de equilibrio para diferentes especies. Estas curvas son características de cada tipo de semilla en las condiciones en que se obtuvieron los datos.

### 1.3 Efecto de la humedad

Como regla general se ha establecido que el aumento en el contenido de humedad repercute en una disminución de la viabilidad y de la calidad fisiológica (5, 10, 11, 14, 16, 18). Los experimentos diseñados para observar el efecto de la humedad consisten en almacenar la semilla con determinado porcentaje de humedad. Esta humedad se equilibra con la del aire dentro del recipiente. El resultado se mide con varios procedimientos:

- a) Tomando muestras periódicas y para observar el comportamiento de la germinación a través del tiempo.
- b) Tomando muestras al cabo de un tiempo dado y comparando la germinación inicial con la final, al cabo del período.

En la figura 2, se presenta un ejemplo del primer procedimiento. Se almacenó semilla de arroz con humedades de 10.5 %, 12.4 % y 14.2 %, a 30°C y se observó periódicamente el porcentaje de germinación. Mientras la semilla con 10.5 % de humedad conservó la germinación por encima del 90 %, durante 12 meses, en la semilla más húmeda (14.2 %) disminuyó a 20 % al cabo de 3 meses. En la semilla con 12.4 % la germinación se conservó por 7 meses y disminuyó a 26 % al 8º mes.

Una variante de este método consiste en observar el tiempo en que la viabilidad se conserva alta (más del 90 %, por ejemplo), con dife

rentes grados de humedad en la semilla. En la figura 3, se presentan datos obtenidos en soya conservada a 8.5 %, 12.5 % y 15 % de humedad. La viabilidad se conservó por 656, 175 y 50 días, disminuyendo con el contenido de humedad. El descenso de la germinación con el aumento de la humedad de la semilla almacenada es un hecho general (5), como se observa en la figura 4.

### 1.3 Efecto de la temperatura

Al igual que la humedad, los aumentos en la temperatura de almacenamiento de la semilla causan decrecimientos en la germinación (5, 14, 16). Este efecto es general para todas las especies. Un ejemplo aparece en la figura 5, en que se representa la germinación de semilla de lechuga y cebolla almacenadas durante 332 días con humedad relativa de 55 %. La germinación se redujo a menos del 5% cuando la temperatura aumentó de 10°C a 30°C (5).

En la figura 6, se representa la germinación observada en diferentes períodos de almacenamiento de 40 a 372 días. Es claro que la germinación fue menor a 20°C que a 10°C en todos los períodos de observación y que disminuye gradualmente con el tiempo de almacenamiento en todas las temperaturas.

### 1.4 Interacción de temperatura y humedad

Los mejores resultados se obtienen disminuyendo a la vez la temperatura y la humedad y el efecto combinado de estos factores es la suma de sus efectos parciales (14). Se ha observado también que en algunas especies la reducción en uno de los factores puede contrarrestar los efectos deletéreos de un alto nivel del otro factor. El tipo de gráfico es el que se observa en la figura 7. La viabilidad se conserva alta, dentro de ciertos límites, cuando la temperatura es baja, aunque la humedad de la semilla sea elevada. Así mismo, la viabilidad se puede conservar alta a temperaturas elevadas, siempre que el contenido de humedad sea bajo.

En la figura 3, se ilustra la interacción de temperatura y humedad en semillas de cebolla y lechuga. Cuando la humedad relativa fue

alta (76 %), la germinación decreció rápidamente al pasar la temperatura de 10°C a 30°C. En cambio, el decrecimiento fue lento cuando la humedad relativa fue de 35 %. Este fenómeno origina dos tipos de curva : una cóncava para humedades altas y una convexa para humedades bajas (figura 7C).

### 1.5 Límite de secamiento de las semillas

Se ha observado que cada especie tiene un nivel mínimo de humedad que no puede sobrepasarse sin pérdidas en la germinación y daños en el vigor de la planta resultante. Un ejemplo es el trabajo de Nuttle (15). Este autor revisó los trabajos realizados anteriormente sobre el mismo tema. Según estos trabajos, humedades de 1.5 % en pasto azul e inferiores al 1 % en cebada, trigo y en pasto Johnson y Sudán, no afectaron la viabilidad. Pero humedad de 0.2 % en pasto azul y 2 % para maíz, causaron daño en el vigor de las plántulas.

Con el fin de observar el límite inferior a que podía secarse la semilla, Nuttle secó semillas de repollo, zanahoria, apio, pepino, berenjena, lechuga, cebolla, tomate, pimiento y tres especies de pastos, a humedades de 4 %, 2 %, 1 % y menores de 1 %. Esto se logró al alcanzar un equilibrio de humedad en recipientes con ácido sulfúrico a distintas concentraciones. La temperatura fue la ambiental con variación entre 23° y 30 °C. También se colocó una muestra adicional a 7°C. Se hicieron pruebas de germinación cada 6 meses hasta completar cinco años de almacenamiento.

En algunas especies secadas a humedades de 0.3 y 0.4 % no hubo daño aparente ni en la germinación ni en el vigor y normalidad de las plántulas resultantes (repollo, pepino, lechuga, cebolla y " bent grass "). En cambio fueron afectadas seriamente por humedades bajas entre 1 y 0.4 % las especies berenjena, pimentón, pasto azul, zanahoria, tomate y pasto puntero.

El autor clasifica las especies en tres grupos de acuerdo con la intensidad del daño causado por el secamiento : poco o ningún daño (lechuga, repollo, cebolla, pepino y bent grass) ; daño medio (tomate y zanahoria) ; daño grave (apio, pimentón, berenjena, pasto puntero y pasto azul). La humedad de 4 % no causó daño alguno.

### 1.6 Fluctuaciones en el contenido de humedad

La influencia de las fluctuaciones puede apreciarse claramente en un extenso trabajo de Barton (5) con semillas de diente de león. Cuando la semilla se guardó a temperatura ambiente conservó un 66 % de germinación a los 2 años ; cuando se almacenó en recipientes sellados, a los 4 años aún conserva 12 % de germinación. En cambio, la semilla sometida a fluctuaciones al destapar las cajas para muestreos semestrales, perdió completamente la germinación a los dos años (figura 9).

Cuando la temperatura de almacenamiento fue de 5°C la viabilidad se conservó muy alta hasta los 14 años. La semilla sometida a fluctuaciones duró 4 años con alta germinación después de lo cual perdió rápidamente la viabilidad hasta reducirse a 9 % a los diez años.

El mismo fenómeno se observó cuando el contenido de humedad inicial bajó de 7.9 % a 3.9, pero en este caso el período en que se prolongó la viabilidad fue mayor. Algo similar ocurrió a temperaturas de -4°C mostrando el efecto de la temperatura.

## 2. RESULTADOS EN CAFE

Por : José Horacio Rivera-Posada  
Jaime Castillo-Zapata\*

### 2.1 Aspectos generales

Al revisar la literatura sobre almacenamiento de la semilla de café se plantea la cuestión de si ésta pertenece al tipo que no tolera secamiento fuerte. Sobre este tema aparecen dos clases de datos experimentales : a). resultados positivos en el almacenamiento de la se milla a humedades muy altas (superiores a 35 %) y b). resultados igualmente buenos con humedades cercanas a la común para el café comercial (11 %).

De acuerdo con estos resultados, aunque se ha observado elevada germinación en semilla almacenada por 10 a 12 meses con humedad muy alta, es innegable que el café puede secarse hasta alcanzar humedades cercanas al 10 % y almacenarse por largo tiempo en estas condiciones.

En los apartes siguientes se resumen los principales resultados experimentales disponibles y se sacan algunas conclusiones de esta revisión;

### 2.2 Equilibrio de humedad

La relación entre el contenido de humedad de la semilla y la humedad del aire, en contacto con ella, se ha observado repetidamente. Como antes se ha explicado, al establecerse un equilibrio entre ambos contenidos de humedad, la semilla adquiere un estado hídrico que es característico para una determinada humedad relativa.

-----

\* Jefe de la Sección de Fitomejoramiento del Centro Nacional de Investigaciones de Café -CENICAFE- Chinchiná, Caldas, Colombia.

Wilbeau (17) presenta un resumen de las diferentes curvas establecidas por diversos autores para las especies C. arabica y C. canephora. Este autor discute las discrepancias que se observan entre las distintas curvas determinadas para C. canephora y concluye que no se deben al estado físico (grano o café molido) o a la temperatura, sino más bien a los procedimientos de beneficio y secamiento. Cita las curvas obtenidas por Ayres para café arábigo a 25°C, con los procedimientos de absorción y desorción. Este investigador empleó métodos muy precisos para la medida de la humedad relativa del aire.

La curva obtenida por Bachi (1) difiere en 1 % de la obtenida por Ayres, lo que, para fines prácticos es una aproximación aceptable. Estas curvas aparecen en la figura 10. Bachi colocó muestras en de secadores con diferentes concentraciones de ácido sulfúrico, que correspondían a humedades relativas de 10 a 90 %, con intervalos de 10 %. Los datos que obtuvo constituyen una buena guía para la humedad de equilibrio que adquiere la semilla de café a determinada humedad relativa (Tabla 1).

#### Efecto de la humedad

La investigación más completa de que se dispone es la de Bendaña (6) quien almacenó semillas de café en recipientes con soluciones de compuestos químicos a diferentes concentraciones para obtener los niveles deseados de humedad relativa. Estos variaron entre 10 y 60 %, con intervalos de 10. La temperatura fue constante a 9°C. Se hicieron observaciones sobre porcentaje de germinación durante los tres primeros meses y a los 6, 12 y 48 meses.

Con este procedimiento este autor encontró una humedad óptima alrededor de 50 %. A esta humedad relativa las semillas conservan la germinación inicial de 98 % por un año y a los 4 años era sensiblemente igual (95 %) (Figura 11).

Con humedades menores de 50 % (40, 30, 20 y 10 %) la germinación fue cada vez menor a medida que la humedad disminuía. Este hecho fue constante en todos los períodos de observación, excepto a los cuatro años cuando solo germinó la semilla conservada a H.R. de 50 %, presentando una germinación de 95 %, como antes se dijo.

TABLA 1. Humedad de equilibrio en C. arabica para diferentes humedades relativas según Bachí (1).

Humedad relativa %	Humedad de la semilla %
10	4.1
20	5.7
30	7.0
40	8.1
50	9.7
60	11.3
70	13.5
80	16.5
90	21.7

Para humedades mayores del 50 % la pérdida de germinación fue muy rápida : cuando la humedad fue de 60 % la germinación bajó a 67 % a los 3 meses y desapareció a los 6 meses. Con humedad mayor de 60 %, la germinación desapareció después de un mes. En estas altas humedades se presentó crecimiento de un hongo parecido a Fusarium.

En un ensayo de Bachi (2), se observó la germinación de semilla almacenada a humedad de 20, 13 y 10 % y a temperatura ambiente (no especificada). La semilla se almacenó en recipientes sellados y abiertos.

Las semillas almacenadas con 20 % de humedad disminuyeron ligeramente de germinación en los primeros tres meses (de 95 % a 92 %) pero en el cuarto mes bajaron a 75 % y a los seis meses se había perdido por completo.

En cuanto a la semilla almacenada con 13 % de humedad bajó su germinación a 93 % a los cuatro meses y en adelante disminuyó rápidamente. El mayor tiempo de almacenamiento con alta germinación se obtuvo con la humedad de 10 %, que se mantuvo por encima de 90 % hasta el décimo mes y luego decreció lentamente hasta los 21 meses (78 % de germinación). A los 28 meses se había perdido por completo (figura 12).

Las semillas almacenadas en recipientes abiertos se secaron rápidamente y al cabo de un mes adquirieron humedades entre 10 y 11 %, que fluctuaron poco en los meses siguientes. En estas condiciones alcanzaron los 8 meses con germinación superior al 80 %, que luego disminuyó hasta cero a los 14 y 16 meses.

Un resultado similar fue obtenido por Carelli y Mónaco (8) en Coffea racemosa, quienes almacenaron semillas a humedades relativas de 50 y 10 % durante 5 meses. La semilla almacenada a muy bajas humedades (H.R. 10 % equivalente a 4 % de humedad) comenzó a perder su viabilidad desde el primer mes. Con humedad relativa del 50 % (10 % de humedad en la semilla) la germinación fue de 22 % a los 5 meses (figura 13).

El nivel crítico de humedad para el café fue investigado por Bachi, en dos trabajos (3, 4) sobre métodos de secamiento de la semilla. Pudo comprobar que daños en la germinación atribuidos tradicionalmente a la radiación solar o a temperatura muy alta se debían en realidad a

un secamiento excesivo. Un nivel de humedad entre 8 y 9 % parece ser el punto crítico, que no puede excederse sin pérdidas apreciables en la germinación.

#### Efecto de la temperatura

Un ensayo de Bendaña (6), ilustra el efecto de la temperatura (figura 14) aunque la observación se limitó a muy corto término. Semillas con 30 %, 15 %, 8 % y 1 - 3 % de humedad presentaron menor germinación mientras mayor era la temperatura a que se sometieron por un período de una semana.

La semilla con 1 - 3 % de humedad perdió 70 % de su germinación, probablemente por secamiento excesivo, antes de ser almacenada, y a 20°C la perdió por completo. En cambio la germinación fue muy alta (98 %) a temperaturas de 10°C, con humedades entre 8 y 30 %. Al aumentar la temperatura hasta 60°C se observó que la germinación decreció con mayor rapidez en humedades altas.

El efecto de la temperatura en el proceso de almacenamiento puede deducirse de los datos de Bachi (2) y Bendaña (6), los primeros obtenidos a temperatura ambiente y los segundos a 9°C. Ambos autores conservaron semilla de café en recipientes cerrados y con humedades relativas comparables. Los menores porcentajes de germinación obtenidos por Bachi pueden atribuirse a la mayor temperatura (figura 15).

El efecto de la temperatura es evidente en los datos de Carelli y Mónaco (8), sobre café racemosa. Cuando la temperatura fue de 10°C la germinación se conservó por encima del 80 % hasta cinco meses. A temperatura ambiente bajó constante y rápidamente hasta 2 % en el mismo lapso (figura 16).

#### Efecto del oxígeno y de otros gases

La investigación de Bendaña (6), proporciona los únicos datos disponibles. La semilla conservada por un año en CO<sub>2</sub> germinó tan bien como la guardada en aire, mientras con nitrógeno disminuyó ligeramente. En cambio al vacío provocó pérdida total de la germinación a los 30 días de almacenamiento (figura 17).

### Almacenamiento con alto contenido de humedad

Los resultados anteriores contrastan con los obtenidos por numerosos autores al emplear altas humedades. Enseguida se discuten algunos resultados recientes, pero Bachl (2) hace un recuento de los autores que hace cincuenta años opinaban que el secamiento era la causa de la pérdida de la germinación en café. De acuerdo con esta idea se trató de conservarla por medio de la estratificación con carbón humedecido, obteniendo germinación de 60 ó 70 % al cabo de 10 meses.

Más recientemente González (13) obtuvo germinación del 96 % a los diez meses cuando almacenó semilla con 35 y 45 % de humedad. Cuando la humedad fue de 25 % solo duró 5 meses con germinación superior a 90 % y 4 meses con humedad del 15 %. En el último caso la germinación se perdió por completo a los 7 meses. El autor observó desarrollo de hongos Aspergillus y Penicillium, que cubren la semilla y forman una costra de mal aspecto, con humedades altas. También se presentan semillas germinadas con humedad del 45 %.

Van der Vossen (19), encontró también una alta germinación, en tres series de experimentos, con humedad de 4 % y temperatura de 15°C, después de dos años y medio. También se obtuvo alta germinación con humedad baja de 10 - 11 % y temperatura de 15°C pero la energía germinativa era inferior.

Bouharmont (7), conservó semilla con 95 % de germinación al almacenarla en atmósfera saturada y a temperatura ambiente, durante 8 meses.

Un trabajo reciente de Castaño y Restrepo (9), hecho en Cenicafé, es especialmente interesante. Al ensayar empaque de vidrio, polietileno, tela y papel, observaron que en bolsas de polietileno la semilla conservó un porcentaje de germinación cercano al 80 % por 38 semanas, cuando el contenido de humedad era de 26 y 39 %. Cuando el almacenamiento se hizo en empaques de vidrio la germinación fue del 80 % hasta las 22 semanas con 39 % de humedad y 10 semanas con 26 %.

Cuando la humedad inicial fue de 18 u 11.5 %, la semilla se deteriora rápidamente. Es notable que la germinación inicial, en estos casos, fue de solo 50 a 60 % lo que indica que en el proceso de secamiento hasta 18 % y 11.5 % se perdió de 40 a 50 % de la germinación, pérdida que no se debe al almacenamiento.

En las semillas con 26 y 39 % de humedad la germinación inicial fue de menos del 80 % lo que indica también que algún factor perjudicial actuó antes de iniciarse el proceso de almacenamiento, provocando una pérdida del 20 % de germinación.

Los autores explican la diferencia en la conservación de la germinación entre el polietileno y el empaque de vidrio por desarrollo de hongos perjudiciales en el segundo caso. En bolsas de polietileno también se desarrollaron hongos sobre la superficie del endocarpio que no perjudicaron la germinación.

## RESUMEN Y DISCUSION

Por : José Horacio Rivera-Posada  
Jaime Castillo-Zapata

Harrington (14) resume brevemente los hechos generales conocidos sobre las condiciones óptimas para almacenar las semillas : después de separadas de la planta que las produce éstas se secan hasta llegar a equilibrio con el aire que las rodea. El punto de equilibrio depende de la naturaleza química de las semillas, pero la cubierta impermeable que tienen algunas de ellas, impide que su humedad se modifique.

Contenidos de humedad superiores al 40 % favorecen la germinación a menos que haya una inhibición por parte del fruto. Para humedades entre 20 y 40 %, la respiración de la semilla y de los microorganismos que las acompañan es muy alta y provoca calentamiento. Si la respiración es anaeróbica la temperatura puede ser tan alta que mate la semilla. Cuando el contenido de humedad está entre 14 y 20 %, la semilla se deteriora rápidamente debido a la destrucción del embrión por microorganismos. Cuando las semillas se esterilizan, puede ocurrir que algunas se sigan deteriorando pero otras se conservan bien, debido a factores desconocidos, uno de los cuales puede ser la presencia de CO<sub>2</sub> que inhibe los procesos de deterioración.

Para contenidos de humedad inferiores a 14 % muchas semillas duplican su vida al reducir la humedad en un 1 %. En la mayoría de las semillas esta regla se aplica hasta alcanzar una humedad del 4 %. Si se seca por debajo de este límite, la deterioración es muy rápida en muchas especies. Las semillas con alto contenido de lípidos contienen menos humedad que otras con diferente composición química, a humedades relativas iguales.

En cuanto a temperatura, por cada 5°C que ésta se rebaje se duplica la vida de muchas semillas, de acuerdo con numerosas investigaciones. Los efectos de humedad y temperatura se suman y producen resultados espectaculares en la vida de la semilla almacenada.

A los 50°C las semillas se deterioran por desnaturalización de las proteínas. Las temperaturas inferiores a 0°C no han sido completamente estudiados. Por debajo del punto de congelación las semillas húmedas se deterioran no así las secas, pero el punto preciso de secamiento adecuado para la congelación no se conoce. Probablemente

tenga relación con la clase de semilla y con la rapidez de secamiento. Parece que mientras más se baja la temperatura por debajo de 0°C más se prolonga la vida de las semillas.

En general altos contenidos de oxígeno son nocivos a la vida de la semilla mientras el dióxido de carbono la favorece por su efecto sobre la respiración. La luz ultravioleta y las radiaciones de alta energía también perjudican la germinación.

Las causas del envejecimiento de la semilla no se conocen con seguridad. La falta de alimentos no parece ser una causa, aunque las células del embrión pueden sufrir porque el transporte desde las células vecinas es insuficiente. Como siempre ocurre alguna respiración aunque el contenido de humedad sea bajo, las proteínas se pueden desnaturar y las enzimas inactivarse.

También puede ocurrir la auto-oxidación de los lípidos y los radicales libres resultantes pueden reaccionar con el DNA, RNA y las enzimas, inactivándolas o destruyéndolas.

Las anteriores conclusiones tomadas del trabajo de Harrington, son válidas para un gran número de especies, pero hay variaciones notorias entre especies.

En el caso del café la literatura es escasa y en mucha parte se limita a observaciones aisladas, con poca base experimental.

Hay únicamente dos investigaciones extensas y que enfocan lógicamente los problemas. Son las de Hachi (1, 2, 3, 4) y Bendaña (6). El primero determinó con buen éxito la curva de equilibrio de humedad para el café arábigo, sugirió la humedad adecuada para almacenamiento, trabajando dentro de límites razonables (10 a 20 %) y aclaró el nivel crítico de humedad que soporta el café en secamiento, despejando dudas sobre el efecto del sol y de la temperatura, que embrollaban este problema.

Según Hachi una humedad entre 8 y 9 % es el límite inferior a que puede secarse el café sin pérdidas de la germinación. Sus observaciones parecen concluyentes. Sin embargo, para fines prácticos este límite puede determinarse con precisión, pues los métodos para medir los porcentajes de humedad difieren frecuentemente y conducen a distintos resultados.

Bendaña determinó una humedad óptima para el almacenamiento alrededor de 50 % de HR (10 % de humedad). Según esos resultados, esta humedad y una temperatura de 9°C permite almacenar semilla hasta por 4 años con 95 % de germinación. Sin embargo, este resultado no parece tener un respaldo sólido en un buen diseño experimental con adecuado número de repeticiones. Una comprobación bien fundamentada sería de gran utilidad.

Contrastan estos resultados con los obtenidos al ensayar altas humedades. Cuando éstas varían entre 35 y 45 %, la viabilidad se ha mantenido por tiempo considerable, entre 10 y 12 meses, con más de 90 % de germinación. El ensayo de Castaño y Restrepo, presenta un hecho excepcional, a este respecto, pues la germinación inicial se redujo, aparentemente por problemas de secamiento. Así, la germinación inicial fue de algo más de 50 % y 60 % cuando la semilla se secó a 11.5 % y 18 % de humedad, y en general, la germinación inicial estaba correlacionada con la humedad de la semilla, indicando que el proceso de secamiento es responsable de una pérdida considerable de germinación.

Es posible que el secamiento al sol explique estas pérdidas de germinación. En algunos ensayos de Bachi se cuidó que la capa de semillas que recibió la luz solar tuviera el espesor de un solo grano. La semilla era retirada antes de alcanzar el nivel crítico de secamiento (9 %) y estaba seca uniformemente. En esta forma la germinación obtenida fue alta.

Por otra parte, puede ocurrir que si la capa de semilla es algo gruesa, la capa superficial se seque por debajo del nivel crítico, mientras la masa conserve una alta humedad promedio. Esto explicaría las pérdidas de germinación.

Los ensayos de conservación de semillas con alto contenido de humedad, presentan el inconveniente de desarrollar hongos que la cubren con una costra negra que da mal aspecto y que en algunos casos parece atacar el embrión. González y Raubarmont mencionaron casos de germinación de semillas de almacenamiento en porcentaje tan elevado como 10 %.

La ausencia de germinación con humedades del 45 % es un hecho curioso que podría explicarse en algunos casos por ausencia de oxígeno. Otra explicación probable es que existan sustancias que inhiben la germinación en el endocarpio fresco, como sugiere Harrington para otras especies (14).

La experiencia de la Sección de Fitomejoramiento indica que la semilla de café puede secarse hasta 10 u 11 % de humedad conservando una germinación cercana al 95 %. No cabe duda de que la semilla seca es más fácil de manejar, no solo por su menor peso y volumen, sino por la ausencia de microorganismos. Esa experiencia está acorde con los principios generales de la fisiología y conservación de la semilla, lo mismo que con la experimentación mejor fundamentada en café.

Con esta información previa podría planearse una investigación que permita esclarecer los puntos siguientes :

1. Comprobación del nivel crítico inferior en el contenido de humedad que soporta la semilla de café, determinado con los procedimientos comunes en Cenicafé para tal efecto.
2. Intervalo óptimo en el contenido de humedad para el almacenamiento, que puede estar entre 9 y 11 %, pero que podría ser algo más bajo.
3. Temperatura adecuada para el almacenamiento. Se ha observado temperaturas de 9 y 10°C, con muy buenos resultados en los experimentos citados. Pero temperaturas entre 4° y 9°C pueden ser aún mejores.
4. Posibilidad de emplear temperaturas por debajo del punto de congelación.
5. Con la información anterior ensayar un procedimiento práctico para el manejo de la semilla mejorada, que comprenda :
  - a) Condiciones para almacenamiento
    1. Humedad de la semilla entre 10 y 11 % o humedad relativa del almacén alrededor del 50 %.
    2. Temperatura (nivel probable 9° - 10°C)
    3. Empaques muy poco permeables o herméticos al vapor de agua.
    4. Posibilidad de establecer cuartos con humedad y temperatura acondicionados, como ya los tienen varias entidades en el país.

## BIBLIOGRAFIA

1. EACCHI, O. Equilibrio higroscópico das sementes de café, fumo e várias hortaliças. *Bragantia* 18(15):225-232. 1958.
2. \_\_\_\_\_ . Estudos sobre a conservacao de sementes. IV. Café *Bragantia* 17(20):261-270. 1958.
3. \_\_\_\_\_ . Novos ensaios sobre a seca da semente de café ao sol. *Bragantia* 15(8):83-91. 1956.
4. \_\_\_\_\_ . Seca da semente de café ao sol. *Bragantia* 14(22): 225-236. 1955.
5. BARTON, L.V. Seed preservation and longevity. London, Leonard Hill, 1961. 216 p. (Plant Science Monographs).
6. BENDAÑA, F.E. Fisiología de las semillas de café. I. Problemas relativos al almacenamiento. *Café (Turrialba)* 4(15):93-100. 1962.
7. BOUHARMONT, P. La conservation des graines de caféier destinées a la multiplication au Cameroun. *Café, Cacao, Thé* 15(3):202-210. 1971.
8. CARELLI, M.L. C. e MONACO, L.C. Conservacao de sementes de café racemosa. *Bragantia* 36 (Nota no. 8):XXXI-XXXIV. 1977.
9. CASTAÑO, L., R.D. y RESTREPO, A., M. "Influencia del contenido de humedad, tipo de empaque y tiempo de almacenamiento sobre la viabilidad y vigor de semillas de café (*Coffea arabica* L.)". Tesis Ing.Agr. Manizales, Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía, 1980. 86 p. (mecanografiada).
10. CENTRO REGIONAL DE AYUDA TECNICA. MEXICO. Semillas manual para el análisis de su calidad. Trad. por J. Meza N. México, Editorial Herrero, 1965. 514 p.
11. \_\_\_\_\_ . Semillas ; anuario de agricultura. Trad. por A. Marino, P. Rodríguez y M. García y García. México, Compañía Editorial Continental, 1963. 1020 p.
12. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. CHINCHINA. SECCION DE FITOFISIOLOGIA. Almacenamiento de semilla. En Informe anual de labores en el período julio 1977 a junio 1978. Chinchiná, Caldas, Colombia. 1978. pp. 15-17. (mecanografiado).
13. GONZALEZ, J.A. Germinación de la semilla de *Coffea arabica* variedades Bourbon y Pacas almacenada en polietileno a distintas humedades. Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café. Boletín Informativo Suplemento no. 28. 1973. 24 p.

14. HARRINGTON, J.F. Seed and pollen storage for conservation of plant gene resource. In O.H. Frankel and E. Bennett, eds. Genetic resources in plants their exploration and conservation. Oxford, Blackwell Scientific, 1970. pp.501-521. (IBP Handbook no. 11).
15. NUTILE, C.E. Effect of desiccation on viability of seeds. *Crop Science* 4(3):325-328. 1964.
16. POPINIGIS, F. Fisiologia da semente. Brasilia, Ministerio da Agricultura, ACIPLAN, 1977. 289 p.
17. WILBAUX, R. et HAHN, D. Contribution a l'étude des phénomènes intervenant au cours de la conservation du café vert. *Café, Cacao, Thé* 10(4):342-365. 1966.
18. WILSON, C.L. y LOOMIS, W.E. Botánica. Trad. de la 4a. ed., por I.L. de Coll. México, UTEHA, 1968. pp. 121-142, 317-338.
19. VOSSEN, H.A.M. van der. Plant breeding. Seed storage. In Kenya. Coffee Research Foundation. Annual report 1976-1977. Nairobi, 1978. p. 93.

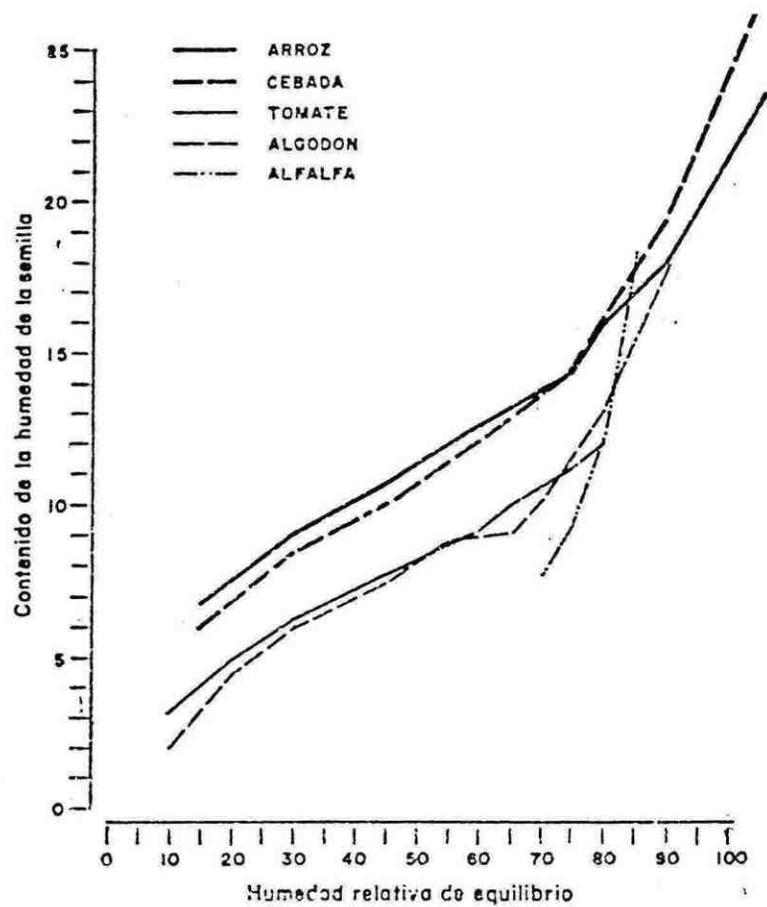


FIGURA 1.- Curvas de equilibrio de humedad para semillas de diferentes especies según, Popinigas (16).

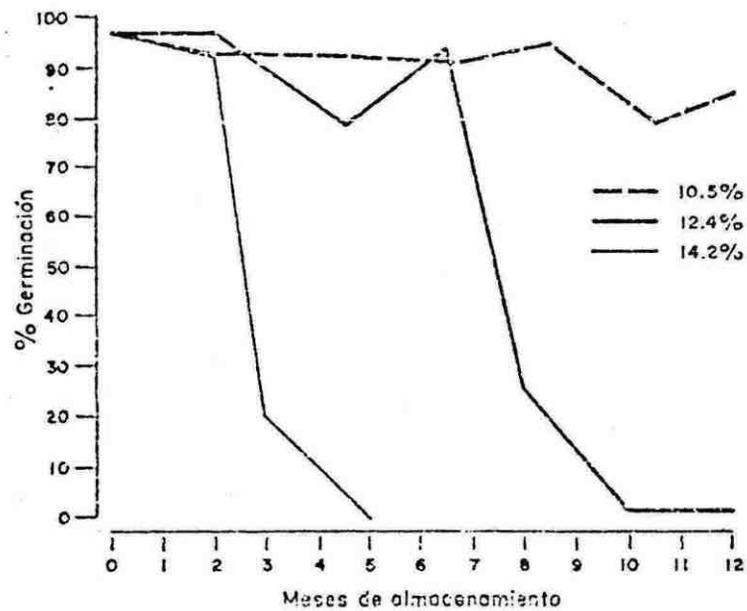


FIGURA 2.- Efecto del contenido de humedad sobre la germinación de semilla de arroz, durante su almacenamiento en empaques impermeables, a 30°C (16).

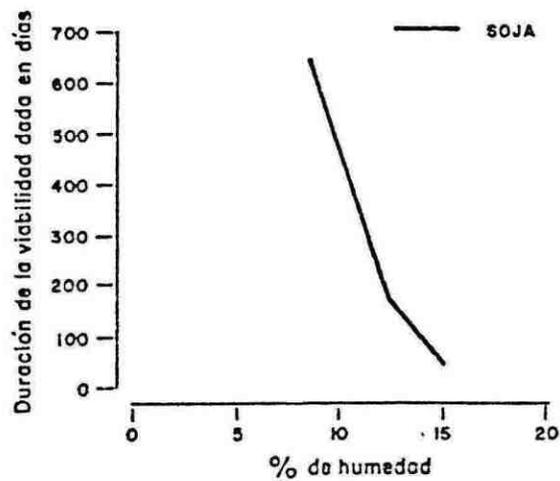


FIGURA 3.- Duración de la viabilidad en semillas de soya almacenada con diferentes contenidos iniciales de humedad (11).

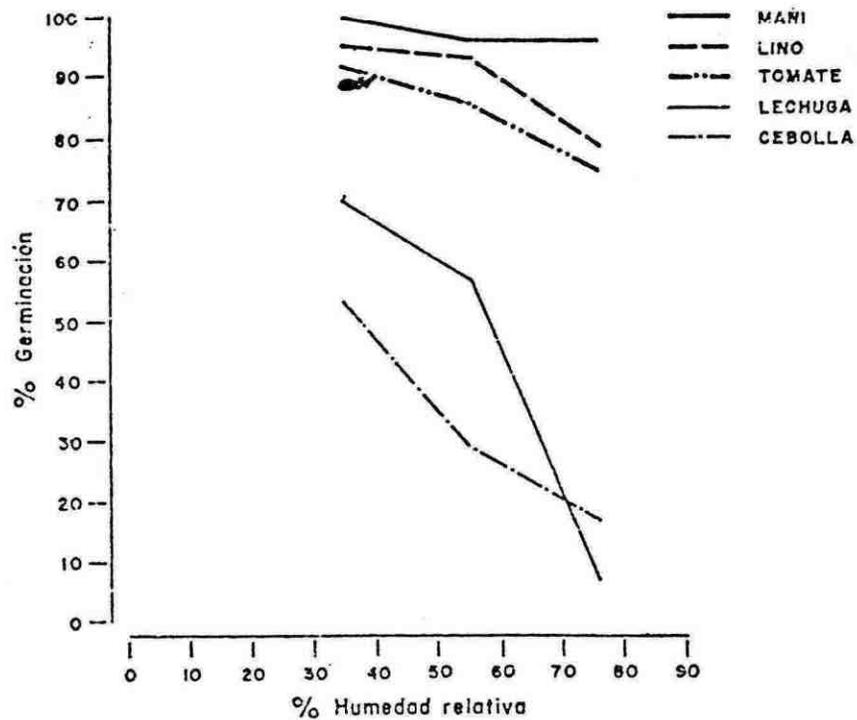


FIGURA 4.- Relación entre el porcentaje de germinación y la humedad relativa del aire, en semillas de cinco especies almacenadas durante 232 días (5).

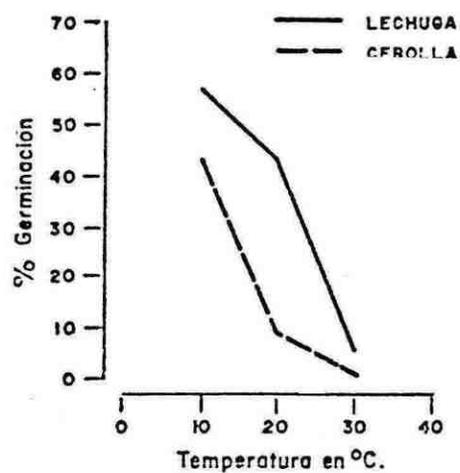


FIGURA 5.- Efecto de la temperatura sobre la germinación de semillas de lechuga y cebolla, almacenadas durante 232 días (5).

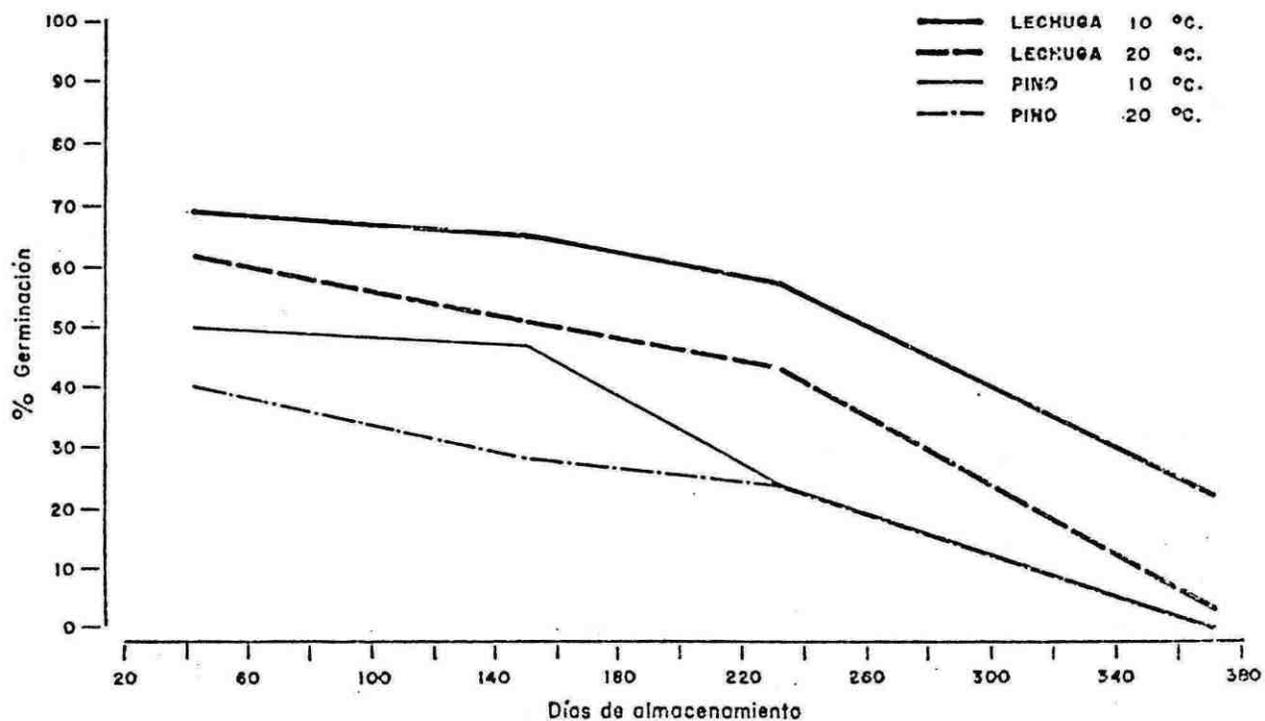


FIGURA 6.- Efecto de la temperatura sobre la germinación de la semilla de dos especies, observada en cuatro períodos (5).

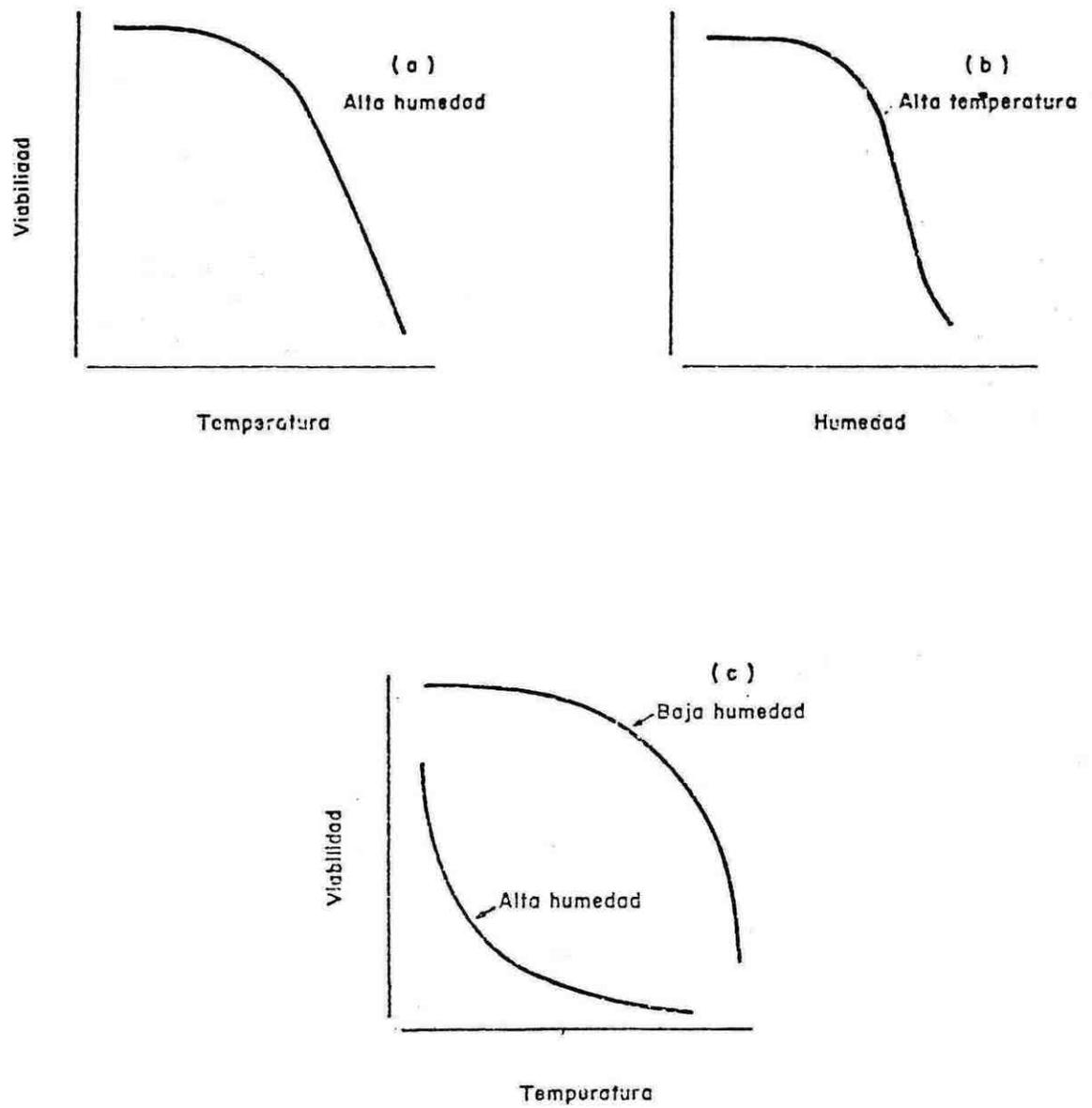


FIGURA 7.- Curvas típicas para la germinación de la semilla almacenada con temperatura o humedad alta cuando uno de estos factores varía.

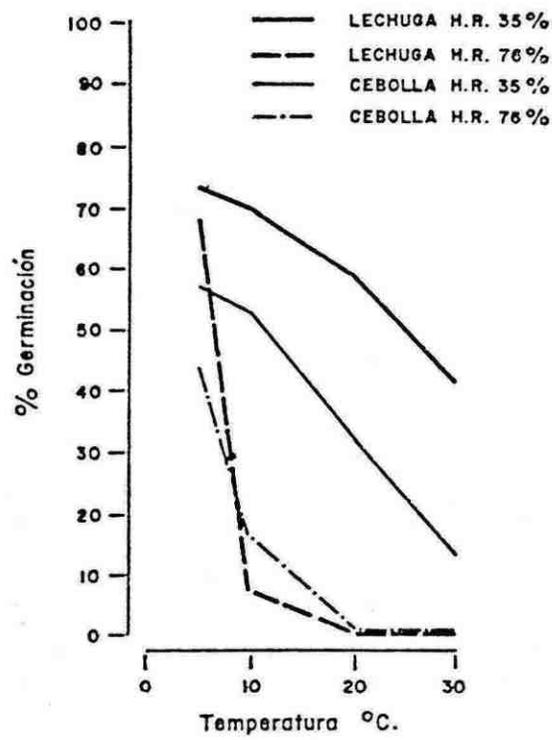


FIGURA 8.- Interacción de temperatura y humedad en el almacenamiento de semillas de lechuga y cebolla (5).

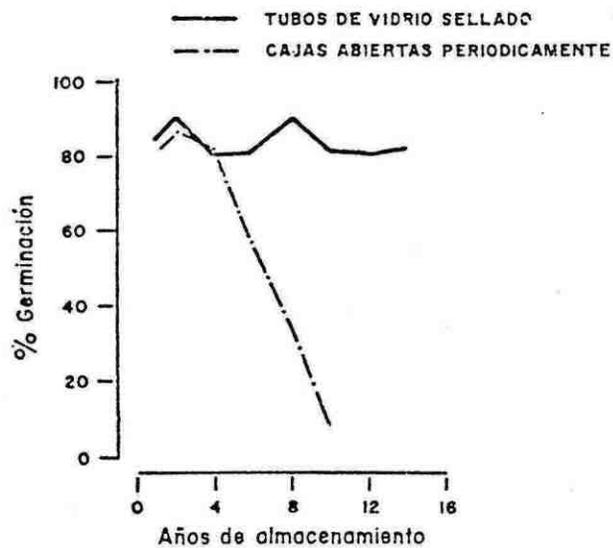


FIGURA 9.- Influencia de las fluctuaciones de la humedad en la germinación de semillas de diente de león (*Taraxacum officinale*) (5).

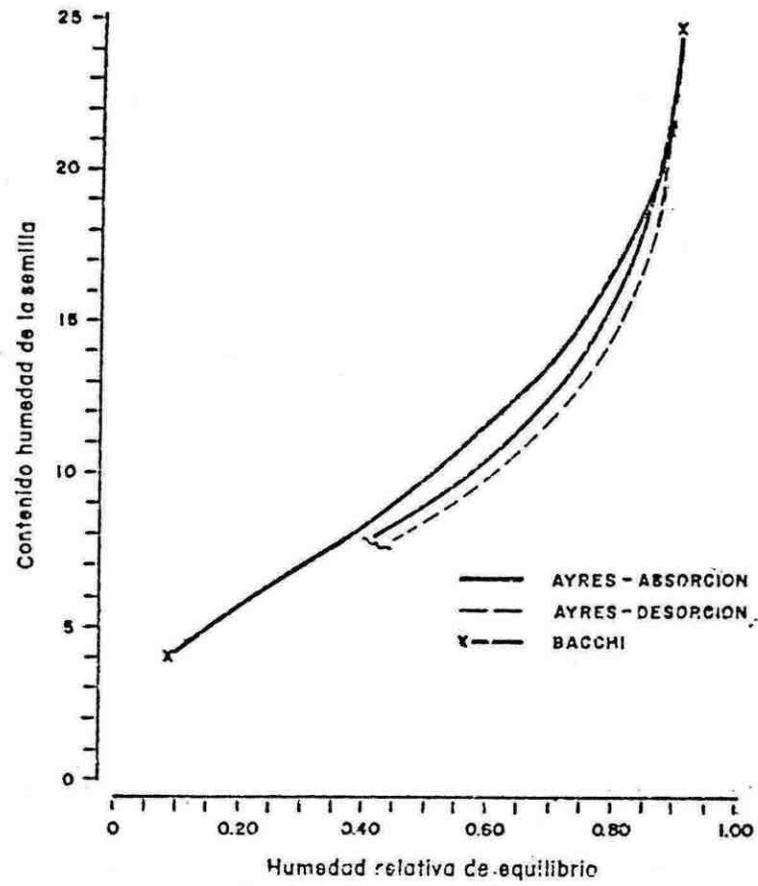


FIGURA 10.- Curvas de equilibrio de humedad para café arábigo determinadas por Ayres según Wilbeaux (17) y Bachi (1).

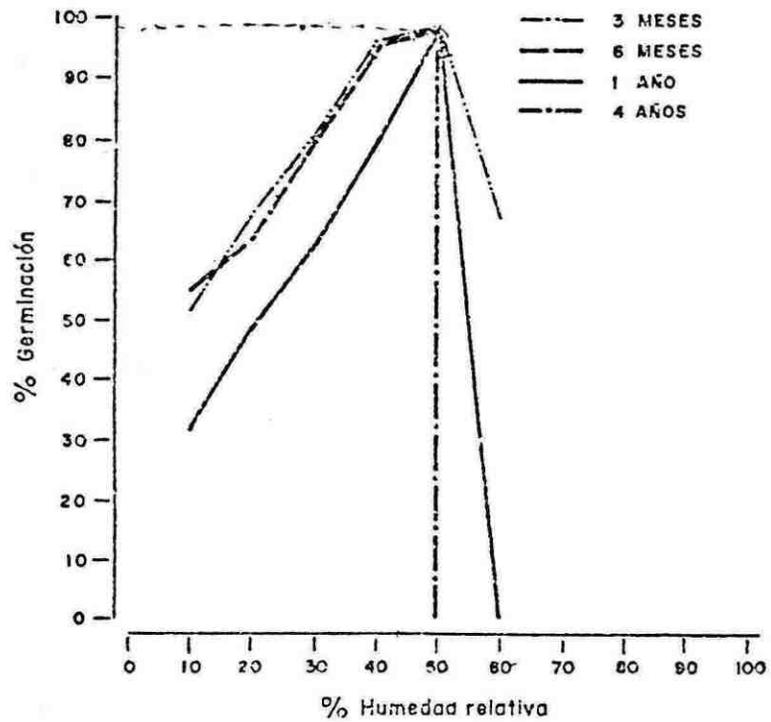


FIGURA 11.- Efecto de la humedad en la viabilidad de la semilla, observada en períodos de 3 y 6 meses, y 1 y 4 años, según Bendaña (6).

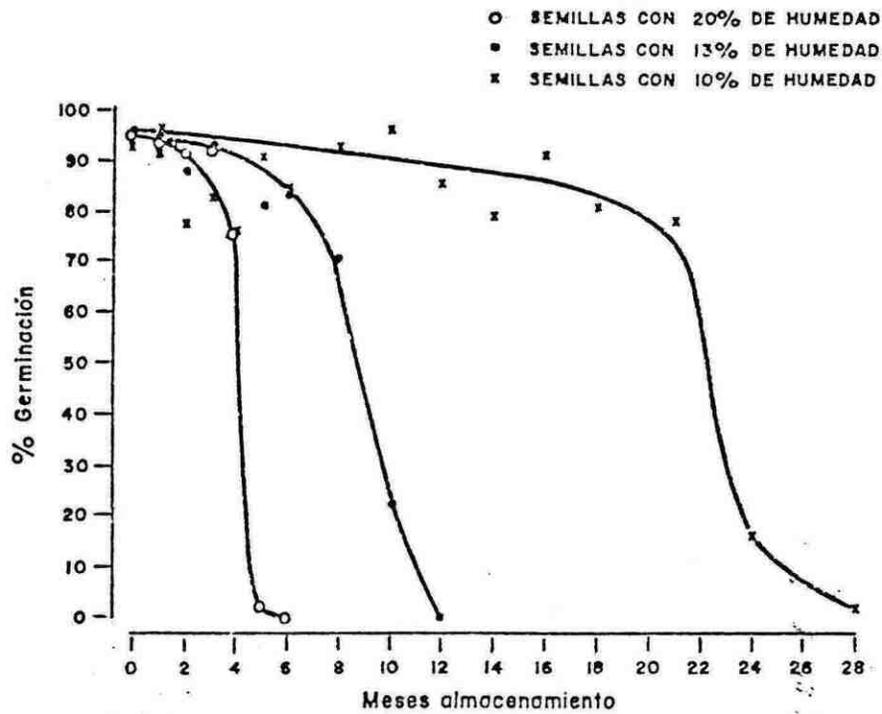


FIGURA 12.- Efecto de la humedad en la viabilidad de la semilla de café arábico almacenada con diferentes contenidos de humedad en recipientes herméticos, según Bachi (2).

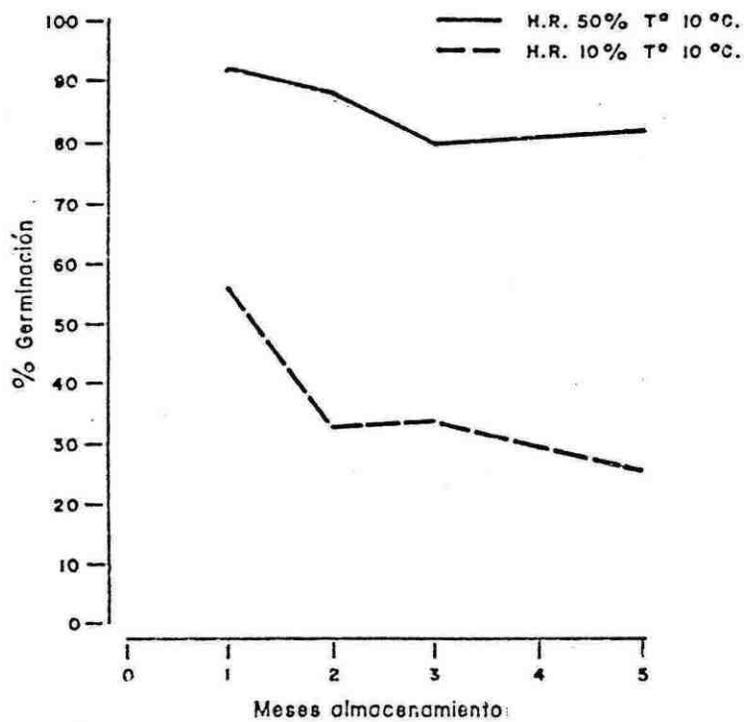


FIGURA 13.- Efecto de la humedad en semillas de café racemosa almacenadas a 50% y 10% de HR y temperatura constante de 10°C, según Carelli y Mónaco (8).

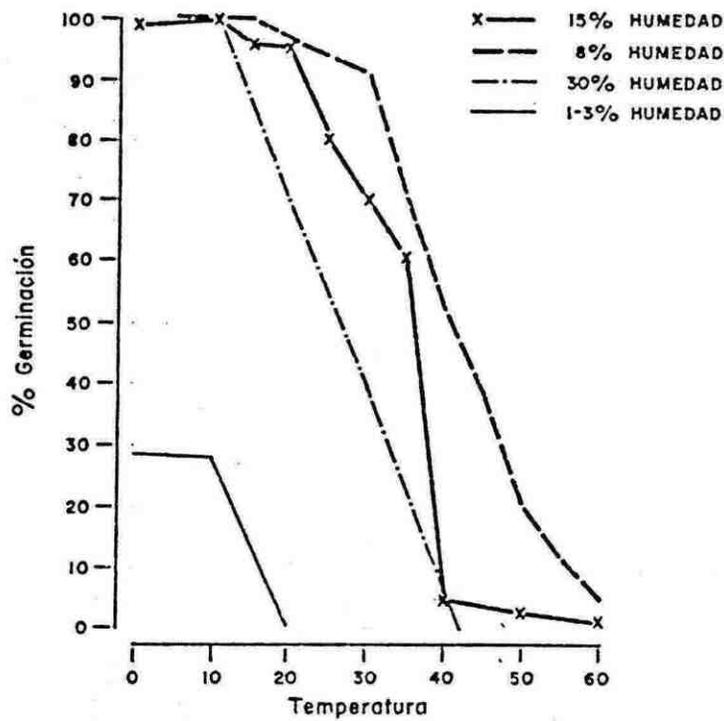


FIGURA 14.- Efecto de la temperatura sobre la viabilidad de semilla de café tratadas con diferentes temperaturas y por un período de una semana, según Bendaña (6).

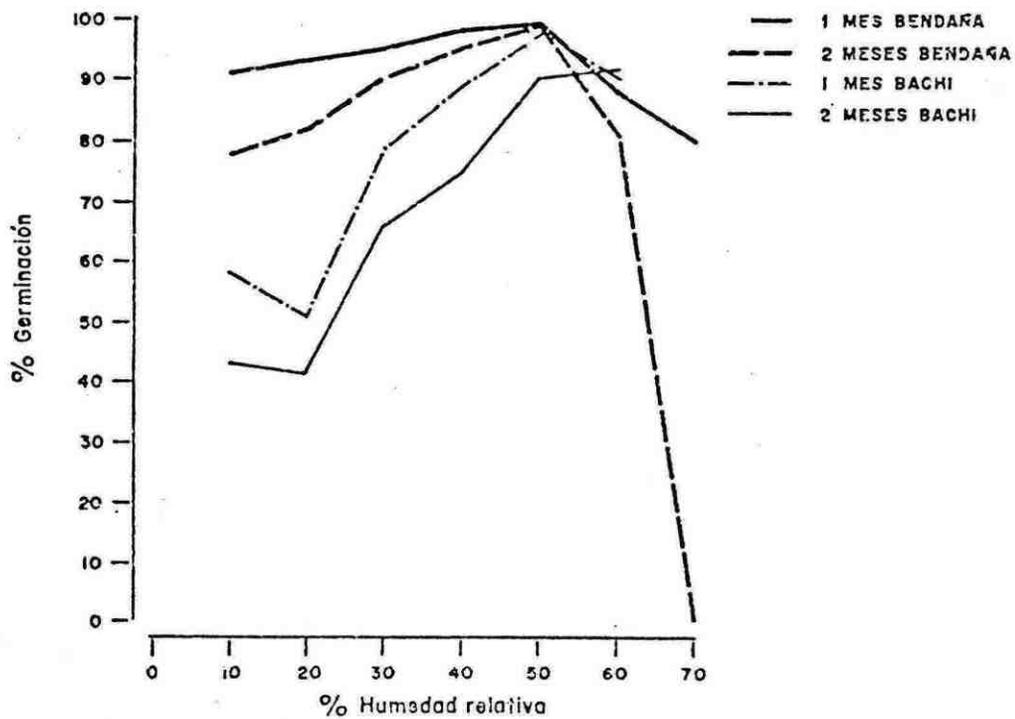


FIGURA 15.- Efecto de la temperatura, en el porcentaje de germinación de semilla de café conservada en condiciones ambientales (Bachi, 2) y a 9°C (Bendaña, 6) y con diferentes humedades relativas.

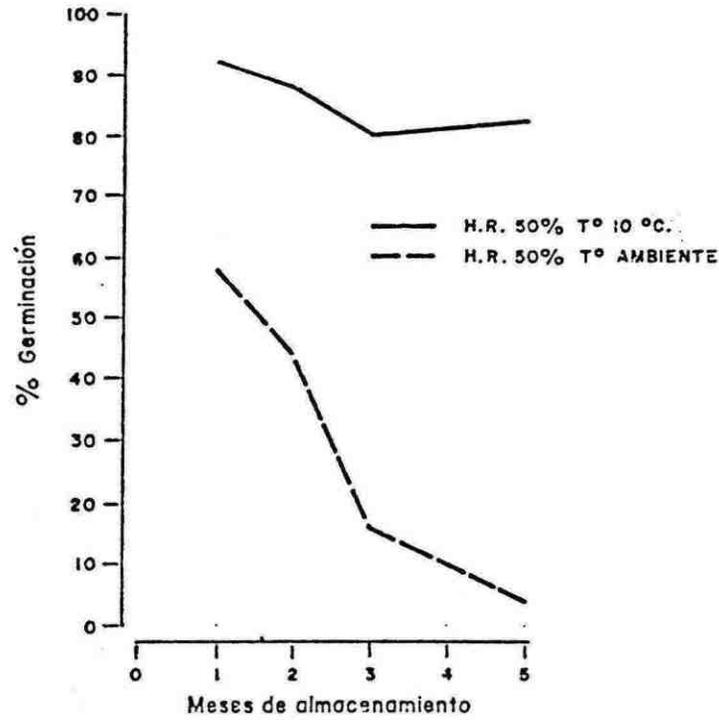


FIGURA 16.- Efecto de la temperatura en semillas de café racemosa almacenada durante 5 meses en recipientes cerrados con HR del 50%, según Carelli y Mónaco (8).

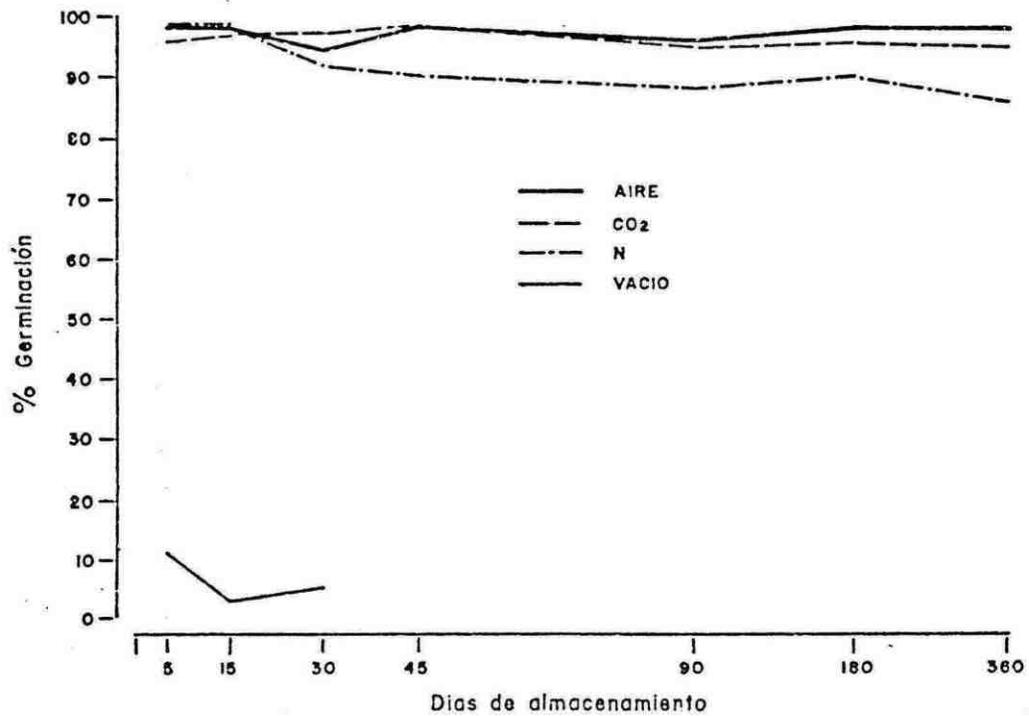


FIGURA 17.- Viabilidad de semillas almacenadas en diferentes atmósferas, según Bendaña (6).

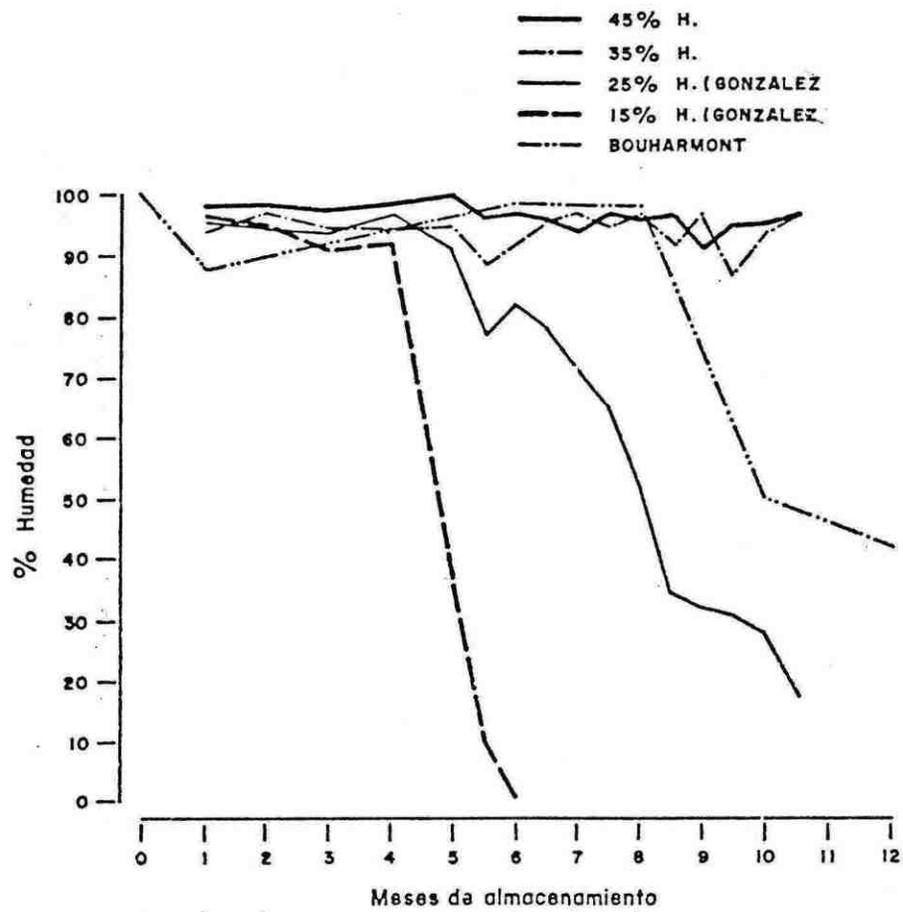


FIGURA 18.- Efecto de humedades altas en la conservación de semillas de café arábica, según Bouharmont (7) y González (15).