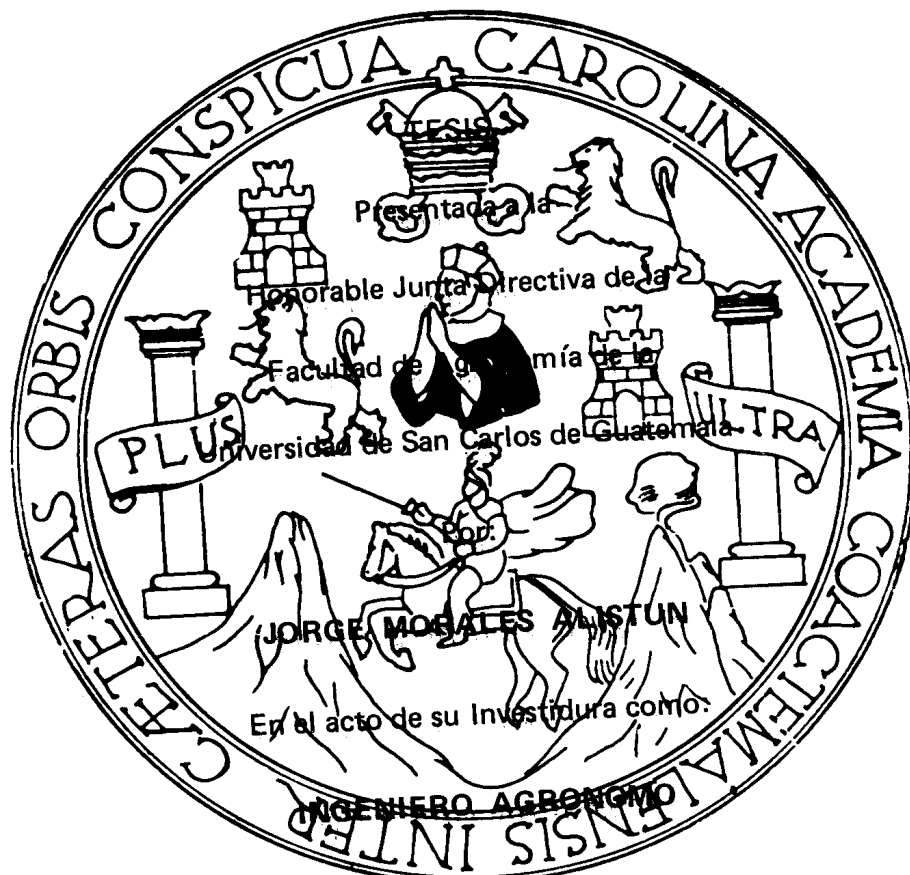


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

**"CARACTERIZACION DE AGENTES RESPONSABLES DE LA DUREZA
DE LA SEMILLA DE FRIJOL COMUN (*Phaseolus vulgaris* L.)"**



En el grado académico de:

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

**BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL**

PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO
Guatemala, Noviembre 1970

TESIS DE REFERENCIA

NO

**SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL-USAC.**

R.
01
T(222)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

LIC. SAUL OSORIO PAZ

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Dr. Antonio Sandoval S.
VOCAL 1o.	Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
VOCAL 3o.	Ing. Agr. Rudy Villatoro
VOCAL 4o.	Br. Juan Miguel Irías
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Salcedo Z.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
EXAMINADOR	Ing. Agr. Ricardo Miyares
EXAMINADOR	Ing. Agr. Gustavo Méndez
EXAMINADOR	Dr. Antonio Sandoval S.
SECRETARIO	Ing. Agr. Leonel Coronado C.

Guatemala,
10 de octubre de 1979.

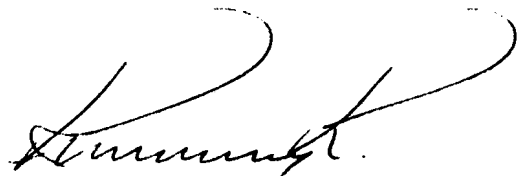
Señor
Decano de la Facultad de Agronomía
Dr. Antonio Sandoval S.
Facultad de Agronomía
Presente.

Señor Decano:

Informo a usted que he asesorado al Ingeniero Agrónomo Infieri Jorge Morales Alistún en su tesis titulada "CARACTERIZACION DE AGENTES RESPONSABLES DE LA DUREZA DE LA SEMILLA DE FRIJOL COMUN (Phaseolus vulgaris L.)".

Dicho trabajo representa una excelente contribución a la documentación y conocimiento de la anatomía y fisiología del frijol, planta que constituye un elemento importante en la nutrición del guatemalteco. En base a la calidad del presente trabajo, solicito a usted su aprobación para su publicación.

Atentamente,



Dr. Romeo Martínez Rodas
Asesor.

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento de las normas académicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, constituye para mí un honor someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"CARACTERIZACION DE AGENTES RESPONSABLES DE LA DUREZA DE LA SEMILLA DE FRIJOL COMUN (Phaseolus vulgaris L.)"

Al presentarlo como requisito previo a obtener el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas, espero que merezca vuestra aprobación.

Respetuosamente,

JORGE MORALES ALISTUN

DEDICO ESTE ACTO

A MIS PADRES

Eduardo Morales Díaz
María Alistun de Morales

A MI HERMANO

Carlos

A MIS FAMILIARES,
EN ESPECIAL A

J. Antonio Morales y
Señora

Lic. Marco Aurelio Morales
y Familia

A MIS PROFESORES

A MIS AMIGOS Y
COMPAÑEROS DE TRABAJO

DEDICO ESTA TESIS

A GUATEMALA

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

AL DEPARTAMENTO DE CIENCIA VEGETAL DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA

AL INSTITUTO NACIONAL CENTRAL PARA VARONES

AL COLEGIO "ASILO SANTA MARIA"

A MI ASESOR, DR. ROMEO MARTINEZ

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Romeo Martínez, por sus constantes sugerencias en la conducción de la presente investigación.

Al programa de Becas al Interior del Ministerio de Agricultura.

Al Departamento de Anatomía Patológica del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, por la valiosa colaboración prestada en el procesamiento de tejidos y toma de microfotografías.

A todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron a la realización del presente trabajo.

C O N T E N I D O

	Página
I. Introducción.....	1
II. Definición del Problema.....	2
III. Objetivos.....	3
IV. Revisión de Literatura.....	4
V. Materiales y Métodos.....	13
VI. Resultados y Discusión de Resultados....	24
6.1. Estudio de la Absorción de Agua....	24
6.2. Estudio Anatómico de la Testa de... la Semilla de Frijol.....	39
VII. Conclusiones y Recomendaciones.....	53
VIII. Bibliografía.....	55
IX. Apéndice.....	59

I. INTRODUCCION

El frijol (Phaseolus vulgaris L.) constituye un cultivo de particular importancia en la dieta de la población guate - malteca. Ocupa el segundo lugar como fuente de proteína - después de los cereales, contribuyendo con un 20% aproximadamente de la ingesta proteínica y con un 8% de la ingesta calórica (12,6,2). El consumo de frijol per cápita diario ha sido en promedio durante los últimos años de 27.9 gramos (15). A pesar de esta importancia, se ha reportado - que existen factores que limitan el aprovechamiento y disponibilidad del frijol por parte de la población.

El mejor aprovechamiento del frijol está limitado por varias características propias del mismo, como ha sido señalado en estudios hechos por el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá:

- Baja calidad de la proteína: la proteína del frijol es deficiente en aminoácidos esenciales como metionina y - triptofano (12,2,6,7).
- Presencia de inhibidores de tripsina (12,6).
- Baja digestibilidad de la proteína (12,6).

La disponibilidad puede ser relacionada con los bajos rendimientos que se obtienen. Estos a su vez están determinados por varios factores entre los que figura el poco desarrollo de la investigación y consecuentemente el de la tecnología (23).

Es de hacer notar que a pesar de que se ha realizado alguna investigación, falta mucho por hacer. En este sentido, el presente trabajo pretende contribuir al desarrollo de - la investigación en frijol, estudiando uno de los aspectos que ha llamado la atención de fisiólogos y fitomejoradores: la impermeabilidad al agua que presentan las semillas de leguminosas en general y del frijol en particular. La impermeabilidad al agua en las semillas de frijol es una - condición que les resta calidad al incidir directamente en la germinación y en la cocción.

II. DEFINICION DEL PROBLEMA

Existen variedades de frijol cuyas semillas son duras.

El concepto de "semilla dura" en frijol puede interpretarse en más de una manera: Espigares (10) de acuerdo con Gómez, Elías, de Ruiloba y Bressani (11) estima la dureza de la semilla por medio de un penetrómetro, aparato que mide la resistencia que ofrece la semilla a ser atravesada por una aguja que es movida por fuerzas electromagnéticas. La dureza de la semilla se mide utilizando una escala arbitraria. Bourne (1) y Smith y Nash (26) relacionan la dureza de la semilla con impermeabilidad al agua y llaman "frijol duro" a aquel que no imbibie agua durante unas 16 horas de remojo.

En el presente trabajo el concepto de "dureza" se interpreta como la condición de impermeabilidad al agua.

La dureza de la semilla de frijol depende de factores intrínsecos y de factores extrínsecos. Entre los primeros figuran: la herencia (17), el color de la testa (14,18), el contenido de humedad de la semilla (4, 13, 26), la anatomía de la testa (5,9,17,26) y la composición química de la testa (4,13,26) y la composición química de la testa (4,13,18).

Entre los factores extrínsecos figuran: las condiciones ambientales que prevalezcan durante el desarrollo de las semillas (5,26), el tiempo de almacenamiento (1, 4,13,14,20,21) y las condiciones ambientales que prevalezcan durante el almacenamiento (1,4,14).

La impermeabilidad de la semilla trae como consecuencia que sea más difícil la germinación y que se requiera de mayor tiempo para una cocción adecuada.

III. OBJETIVOS

El presente trabajo tuvo por objetivos:

1. Estudiar la absorción de agua por la semilla de frijol.
 - 1.1. Determinar la permeabilidad al agua de las diferentes regiones de la testa:
 - a) Región del micrópilo, hilum y rafé
 - b) Regiones laterales
 - c) Región ventral, opuesta al hilum
 - 1.2. Cuantificar la absorción de agua y correlacionarla con: color de la testa, tiempo - de remojo, regiones de la testa y tiempo - de almacenamiento de las semillas.
 - 1.3. Determinar la absorción de agua de la semilla de frijol durante un período de 24 horas consecutivas.
2. Estudiar la estructura anatómica de la testa, - sus diferentes regiones y el sistema vascular - de la misma.
 - 2.1. Elucidar posibles relaciones entre la absorción de agua y la estructura vascular - y protectora de la semilla.

IV. REVISION DE LITERATURA

4.1. Estructura de la testa

La semilla de frijol está compuesta (24) por una cubierta o testa y por el embrión. El embrión a su vez consta de dos cotiledones carnosos, un eje corto por encima de los cotiledones (epicotilo) que termina en la plúmula y un eje corto por debajo de los cotiledones (hipocotilo) que termina en la radícula. La plúmula contiene el primer par de hojas simples y la radícula constituye la raíz embrionaria.

La testa de la semilla de frijol, está compuesta según Esau (8) por las siguientes capas de tejidos: una exterior, la epidermis, que consiste de una capa empalizada de esclereidas (macroesclereidas) con paredes desigualmente engrosadas. En la región del hilum ocurren dos capas empalizadas. A continuación existe una capa sub-epidermal constituida por las llamadas células de sostén u osteoesclereidas. Finalmente, el tejido más profundo es un parénquima lagunar con células elongadas tangencialmente.

Un grupo compacto de traqueidas (llamada isla de traqueidas) de función desconocida, ocurre en la región del hilum.

El sistema vascular se extiende desde el funículo por toda la testa ramificándose ampliamente.

Robbins, Weier y Stocking (24) describen las regiones de mayor interés en la testa: el hilum es una cicatriz oval situada cerca de la mitad de una orilla de la testa, representa el punto donde la semilla estaba unida al funículo.

El micrópilo es un pequeño orificio situado cerca del hilum y representa el punto por donde penetró el tubo polínico al óvulo, además es el lugar por donde emerge la radícula. El rafé es una pequeña protuberancia situada opuesta al micrópilo y constituye la base del funículo fusionada con los tegumentos.

La chalaza es la región donde el sistema vascular se ramifica en forma de abanico. Según Esau (9), el término "esclerénquima" se refiere a complejos de células con paredes engrosadas, a menudo lignificadas cuya función principal es de índole mecánica. Las células de esclerénquima presentan gran variación de forma, estructura, origen y desarrollo.

De acuerdo con la forma y características de las paredes, las esclereidas se clasifican en: Braquiesclereidas (células cortas), macroesclereidas (células alargadas en forma de varilla como la capa epidérmica en empalizada de la semilla de las leguminosas), osteoesclereidas (células en forma de hueso), astroesclereidas (células ramificadas) (9).

El mismo autor afirma que: "La dureza y consistencia de la cubierta de la semilla se debe a menudo a la presencia de gran cantidad de esclereidas". Por otra parte afirma que: "En las macroesclereidas de las cubiertas de semillas de leguminosas la mayor parte de los depósitos secundarios se hallan sobre las paredes laterales y en la extremidad de la célula correspondiente a la superficie de la semilla".

Barley y Nast, citados por Esau (9), indican que en ciertas especies aparecen cristales incluidos dentro de la pared secundaria de las esclereidas.

Reeve, citado también por Esau (9), afirma que las macroesclereidas de las cubiertas de las semillas son de origen protodérmico, entendiendo por proto-dermis, la epidermis indiferenciada.

El color de la cubierta de la semilla de los frijoles se debe en parte a la presencia de compuestos fenólicos (9). Químicamente estos compuestos se encuentran principalmente en forma de glicósidos o ésteres y se clasifican dependiendo del número de anillos aromáticos de la molécula. En el frijol - se encuentran fenoles con varios anillos aromáti - cos y a éstos se les llama compuestos polifenóli - cos o taninos (3).

4.2. Dureza de la semilla

Harrington, citado por Devlin (5) dice que la familia Leguminosae es la familia que posee más espe - cies con semillas duras o impermeables al agua.

Mayer y Poljakoff-Mayber, citados también por Devlin (5) dicen que esta familia cuenta con muchas - especies cuyas semillas además de ser impermeables al agua son de tipo ceroso.

Como se mencionó anteriormente, la dureza de la se milla está determinada por varios factores. Mar - bach y Mayer (18) han encontrado que en algunas se millas de leguminosas hay una relación entre el co lor de la testa y la permeabilidad al agua.

Sarafi (25) al estudiar la herencia en las proge - nies F_1 , F_2 y F_3 de dos variedades de frijol, en contró que el color de la testa es controlado por dos pares de genes.

Moh y Alan (19) indican que: "El caracter de brillo en la testa de la semilla de los frijoles es genéticamente controlado y se hereda como un ca-racter simple mendeliano con dominancia de la con-dición brillante sobre la opaca".

Kyle y Randall (17) afirman que la principal causa de la condición de dureza de la semilla de fri-jol es la diferencia en la absorción de agua por el hilum y el rafé y que esa situación parece estar genéticamente controlada por un sólo par de genes recesivos.

Estos mismos autores encontraron que el área mi-cropilar era la principal zona de absorción de agua en una variedad y que el tamaño del orificio micropilar estaba positivamente asociado con la absorción de agua. Las zonas del hilum y del rafé contribuían con el 18% de la absorción total de agua. En otra variedad de frijol, la absor-ción de agua se debió principalmente a las zonas del hilum y del rafé respectivamente, en tanto que el tamaño del orificio micropilar no influía di-rectamente. En ambas variedades el resto de la testa (es decir, excluyendo el micrópilo, hilum y rafé) contribuyó con sólo el 2-3% de la absorción total de agua.

Morris, Campbell y Wiebe (22) obtuvieron valores de permeabilidad de la testa al agua de 0.78 mg/mm²/hora para los frijoles menos permeables y 1.82 mg/mm²/hora para los más permeables de un to-tal de 11 variedades.

Hyde, citado por Devlin (5) describe un mecanismo - para la regulación del agua que penetra en la semilla de algunas leguminosas. En Lupinus arboreus el agua penetra únicamente a través del hilum. La absorción de agua está regulada por un tejido higroscópico que forma parte de la fisura hilar. El mismo autor dice: "Cuando la humedad relativa es elevada, este tejido se hincha cerrando así la fisura hilar e impidiendo la absorción de agua, pero si la humedad relativa es baja, entonces la fisura hilar se abre y la semilla se deshidrata".

Esau (9) indica asimismo que: "Las semillas duras de leguminosas alcanzan y mantienen un elevado grado de desecación debido posiblemente a la combinación de una testa impermeable y la acción de la - válvula del hilo". Aunque no explica como está caracterizada esta "Válvula del hilo".

De acuerdo con lo dicho por los anteriores autores, la dureza de la semilla de frijol está determinada por la estructura, fisiología y color de la testa y esto a su vez está determinado por la herencia.

Otros autores informan que la dureza está determinada por las condiciones ambientales que prevalezcan durante el desarrollo y maduración de las semillas y por las condiciones que prevalezcan durante el almacenamiento.

Por ejemplo Crocker, citado por Devlin (5) observó que las semillas de trébol blanco son duras cuando maduran en tiempo cálido y seco, pero son más blandas cuando maduran durante una época lluviosa.

Cartter, citado por Smith y Nash (26) afirma que el desarrollo de dureza es principalmente el resultado de tiempo cálido y seco durante el período de maduración y por lo tanto es más un factor ambiental - que genético.

Hughes y Sandsted (14) estudiaron el efecto de temperatura, humedad relativa y luz sobre el color de la semilla de frijol durante un año de almacenamiento. A una humedad relativa de 80% y 24°C observaron una coloración más oscura y esto estaba relacionado con la pérdida total de la germinación y la duplicación del tiempo requerido para una cocción adecuada. En los frijoles almacenados a una temperatura de 1°C y una humedad relativa de 30% observaron que éstos mantuvieron su color original, su porcentaje de germinación, así como el tiempo requerido para una cocción adecuada. La luz ultravioleta y la luz blanca oscurecieron los frijoles, pero comparado con el oscurecimiento provocado por alta temperatura y alta humedad relativa, fue menor. Además, este oscurecimiento no estaba asociado con la disminución de los factores de calidad.

Gloyer, citado por Bourne (1) indica que la dureza en los frijoles secos es una condición física que es producida por almacenamiento de los frijoles en un cuarto con alta temperatura y baja humedad relativa del ambiente. Asimismo indica que para eliminar el carácter de dureza, basta con colocar las semillas en agua hirviendo y exponerlas a un flujo de vapor por un corto período.

De Freitas (4) encontró, al hacer análisis en frijol crudo remojado con un almacenamiento de 6 meses, que hay un efecto mayor sobre la dureza de la semilla debido al contenido de humedad de éste y que la temperatura de almacenamiento no influenciaba este parámetro. Al hacer los análisis con frijol cocido con un período de almacenamiento de 2 meses, encontró que a medida que aumentaba la humedad relativa y la temperatura, la dureza (*) también aumentaba y que a los 4 y 6 meses el efecto es mayor que a los 2 meses.

Molina, Batten y Bressani (20) estudiaron el efecto del tratamiento térmico para controlar el desarrollo de dureza (*) en el frijol negro durante el almacenamiento. Determinaron que los frijoles tratados por 10 minutos al vapor a 95°C y a presión atmosférica - no aumentaron significativamente el valor de su dureza después de 6 meses de almacenamiento; lo contrario sucedió con los no tratados.

Molina, de la Fuente y Bressani (21) encontraron que los frijoles recién cosechados alcanzan su máxima hidratación a las 16 horas de remojo, mientras que los frijoles almacenados por 2 meses (22 - 25°C y 70% H.R.) no alcanzan su hidratación máxima aún después de 24 horas de remojo.

Algunos autores han encontrado que las condiciones y el tiempo de almacenamiento así como el contenido de humedad de la semilla, tienen efecto sobre el tiempo de cocción de la misma. Burr, Kon y Morris, citados por De Freitas (4) determinaron que al incrementar - la humedad, la temperatura y el período de almacenamiento, el tiempo de cocción aumentaba considerablemente.

(*) Dureza medida por el penetrómetro.

Muneta, citado también por De Freitas (4) encontró una alta correlación positiva entre el contenido de - humedad de la semilla y el tiempo de cocción.

Por su parte De Freitas (4) observó que a medida que la temperatura del ambiente y la humedad relativa de la semilla aumenta, el tiempo de cocción se incrementaba a pesar de que los frijoles se sometían a remojo previo por 18 horas. Encontró asimismo que: "Hay un efecto notable de la humedad de la semilla, encontrándose que a valores altos se necesita un tiempo - de cocción mayor y éste valor se reduce a medida que disminuye la humedad".

Morris, citado por Hamad y Powers (13) reporta que - el frijol con un contenido bajo de humedad (8 - 10%), requiere el menor tiempo de cocción y que con un contenido moderadamente alto de humedad (12 - 15%), requiere 5 - 10 veces más tiempo de cocción, después - de un año de almacenamiento a 32.2°C.

Según Espigares (10), los frijoles blancos requieren menos tiempo de cocción que los frijoles negros y rojos, habiendo poca diferencia entre éstos últimos. Por otra parte, en el mismo estudio, no encontró relación entre tiempo de cocción y dureza de la semi-lla medida por el penetrómetro.

Muller, citado por De Freitas (4) indica que un factor importante en la cocción del frijol es el contenido de alfa-celulosa y de lignina en la testa.

Smith y Nash (26) han indicado que el principal factor que controla la absorción de agua en el frijol - soya es la testa y que un agujero o rajadura en la testa incrementa el valor de la absorción. Sin em - bargo, mencionan que ~~tambi~~ influye el contenido de humedad en el frijol. Indican asimismo, que una baja humedad en el grano incide en una lenta absorción de agua y lo contrario sucede con frijoles con alto contenido de humedad.

Se ha sugerido por parte de algunos autores que la - permeabilidad de la testa al agua depende de cambios bioquímicos: Muneta, citado por De Freitas (4) su - giere que la oxidación y polimerización de los lípi - dos no saturados del frijol puede causar cambios en la permeabilidad al agua. Por su parte Marbach y Ma - yer (18) han sugerido que la oxidación de los com - puestos fenólicos catalizada por la catecol-oxidasa durante la deshidratación de la semilla de Pisum e - latius podría hacer la testa impermeable al agua.

V. MATERIALES Y METODOS

MATERIAL VEGETAL

Se utilizó en la presente investigación, frijol negro variedad Turrialba proveniente del municipio de Monjas, Jalapa y frijol blanco proveniente del municipio Agua Blanca, Jutiapa. Ambos materiales fueron cosechados en el mes de diciembre de 1978.

A continuación se describe la metodología seguida de acuerdo con cada objetivo particular.

5.1. OBJETIVO

Determinar la permeabilidad al agua de las diferentes regiones de la testa.

METODOLOGIA

Se trabajó con lotes de 25 semillas por cada material de frijol. Se colocaron los lotes sobre toallas de papel absorbente húmedo en diferentes posiciones así:

- 1) Las semillas de un lote se colocaron con el hilum hacia arriba.
- 2) Las semillas de otro lote se colocaron con el hilum hacia abajo.
- 3) Las semillas de un tercer lote se colocaron con el hilum hacia el lado derecho (*).

(*) Se tomó como posición "hilum hacia el lado derecho" aquella en la que viendo el frijol con el hilum hacia arriba y el rafé encima del hilum, se orienta hacia la derecha, (el hilum).

V. MATERIALES Y METODOS

MATERIAL VEGETAL

Se utilizó en la presente investigación, frijol negro variedad Turrialba proveniente del municipio de Monjas, Jalapa y frijol blanco proveniente del municipio Agua Blanca, Jutiapa. Ambos materiales fueron cosechados en el mes de diciembre de 1978.

A continuación se describe la metodología seguida de acuerdo con cada objetivo particular.

5.1. OBJETIVO

Determinar la permeabilidad al agua de las diferentes regiones de la testa.

METODOLOGIA

Se trabajó con lotes de 25 semillas por cada material de frijol. Se colocaron los lotes sobre toallas de papel absorbente húmedo en diferentes posiciones así:

- 1) Las semillas de un lote se colocaron con el hilum hacia arriba.
- 2) Las semillas de otro lote se colocaron con el hilum hacia abajo.
- 3) Las semillas de un tercer lote se colocaron con el hilum hacia el lado derecho (*).

(*) Se tomó como posición "hilum hacia el lado derecho" aquella en la que viendo el frijol con el hilum hacia arriba y el rafé encima del hilum, se orienta hacia la derecha, (el hilum).

- 4) Las semillas de un cuarto lote se colocaron con el hilum hacia el lado izquierdo. Con esto se logró estudiar la absorción de agua por las diferentes regiones de la testa, que de aquí en adelante se designarán como regiones 1, 2, 3, y 4, haciendo referencia a las posiciones descritas anteriormente (ejemplo: Región 2 será la región del micrópilo, hilum y rafé).

Las toallas de papel absorbente se colocaron sobre una parrilla (ver Figuras 1 y 2), de tal manera que formaron ondulaciones, para asegurar así que al colocar las semillas transversalmente a las ondulaciones, tuvieran la máxima superficie de contacto. La parrilla a su vez, se colocó sobre una bandeja de aluminio llena de agua.

Se hicieron 4 repeticiones por cada tratamiento. Se estimó el peso de los lotes de semillas al inicio del experimento y posteriormente a las 2 y 4 horas después. Con estos datos se estimó el incremento en peso en porcentaje, debido a la absorción de agua a las 2 y 4 horas.

La fórmula usada fue la siguiente:

$$\begin{array}{l} \text{Absorción de agua (\%)} \text{ ó } \\ \text{Incremento en el peso (\%)} = \frac{\text{ganancia de peso (grs)}}{\text{peso inicial (grs)}} \times 100 \end{array}$$

Es necesario hacer notar que el incremento en peso a las 2 horas se obtuvo en relación al peso inicial y el incremento en peso a las 4 horas se obtuvo en relación al peso que se tenía a las 2 horas.

El peso se estimó por medio de una balanza analítica con una precisión de una diezmilésima de gramo.

El trabajo anterior se hizo a los 4 y a los 6 meses de almacenado el frijol (20 - 22°C y 60 - 70% H.R.).

Con el objeto de establecer la existencia de posibles diferencias entre tratamientos se realizaron análisis de varianza y en aquellos en que sí se encontró diferencia, se hicieron pruebas de Duncan para determinar el o los tratamientos que diferían significativamente. Finalmente se hicieron pruebas de "t" para establecer diferencias entre color de frijol, tiempo de almacenamiento y entre 2 y 4 horas de absorción de agua.

5.2. OBJETIVO

Cuantificar la absorción de agua y relacionarla con color de la testa, tiempo de remojo, regiones de la testa y tiempo de almacenamiento.

METODOLOGIA

Se trabajó con lotes de 25 semillas para cada material de frijol. Se colocaron en recipientes plásticos cilíndricos de 10 cms. de diámetro por 15 cms. de alto, conteniendo 250 cc. de agua.

Los recipientes se colocaron en un baño de maría a 22°C y estaban conectados a bombas de aire de 4 watts para suministrar aire al agua. Se pesaron los lotes al inicio del experimento y a las 2 y 4 horas después del inicio. Con estos datos se estimó, al igual que para el objetivo anterior, el incremento en peso debido a la absorción de agua en porcentaje a las 2 y a las 4 horas de remojo.

Se hicieron 4 repeticiones para cada material de frijol.

El trabajo anterior se hizo a los 4 y a los 6 meses de almacenado el frijol (20 - 22°C y 60 - 70% H.R.)

Se hicieron pruebas de "t" con el objeto de establecer diferencias entre frijol blanco y negro, tiempo de almacenamiento y horas de remojo.

5.3. OBJETIVO

Determinar el comportamiento de la semilla de frijol en la absorción de agua durante un período de 24 horas consecutivas.

METODOLOGIA

La metodología seguida fue igual a la descrita para el objetivo anterior, con la diferencia de que los lotes se pesaron cada dos horas durante un período de 24 horas. Se determinó el incremento en peso debido a la absorción de agua cada dos horas.

Se hicieron 4 repeticiones por cada material de frijol.

El experimento se hizo en una sola fecha: a los 6 meses de almacenado el frijol (20 - 22°C y 60 - 70% H.R.)

5.4. OBJETIVO

Estudiar la estructura anatómica de la testa, - sus diferentes regiones y el sistema vascular - de la misma.

Elucidar posibles relaciones entre la absorción de agua y la estructura vascular y protectora - de la semilla.

METODOLOGIA

Se realizaron cortes a mano y cortes en micróto-
mo de 4 a 7 micras de grosor.

Los tejidos que fueron cortados en micrótomo si-
guieron un proceso que involucra los siguientes
pasos:

1. Fijación
2. Deshidratación
3. Infiltración en Parafina
4. Cortes en micrótomo
5. Preparación de montajes
6. Tinción
7. Microfotografías

La metodología que a continuación se describe está contenida en Jensen (16).

1. Fijación

La fijación tiene por objeto matar las células y de esa manera evitar cambios en las propiedades de las sustancias químicas, conservando - el tejido tal como se encontraba originalmente.

Usando sierras finas se cortaron secciones de aproximadamente 9 mm^2 de las diferentes regiones de la testa. Inmediatamente se transfirieron a un fijador, FAA, por 24 horas. La composición del fijador es: 5 cc de Formalina (Formaldehído 40%) + 5 cc de ácido acético glacial + 90 cc de alcohol etílico 50%.

2. Deshidratación

Con la deshidratación se persigue eliminar el agua de las células para ser reemplazada posteriormente por la parafina. Para deshidratar - los tejidos se hicieron pasar éstos por una serie de recipientes que contenían alcohol de - distinta concentración.

La secuencia es la siguiente:

En alcohol butílico terciario (TBA) 50% por 8 - 12 horas.

En TBA 70% por 8 - 12 horas
En TBA 85% por 8 - 12 horas
En TBA 95% por 8 - 12 horas
En TBA 100% por 8 - 12 horas
En TBA absoluto I por 8 - 12 horas
En TBA absoluto II por 8 - 12 horas

3. Infiltración en Parafina

Se persigue con esto, una vez deshidratado el tejido, que la parafina penetre formando así una matriz que facilite el posterior corte.

Se hicieron pasar los tejidos por recipientes como a continuación se detalla:

En TBA absoluto II con pedazos pequeños de parafina en el fondo. Manteniendo en el horno por 24 - horas a temperatura de fusión de la parafina - (60°C aproximadamente).

En TBA absoluto/parafina en proporción 1:1 por 12 horas. Este y los siguientes en el horno a 60°C.

En Parafina/TBA absoluto en proporción 2:1 por 12 horas.

En Parafina I por 12 horas

En Parafina II por 12 horas.

Seguidamente la parafina derretida conteniendo las secciones de tejido, se vertió en pequeñas bandejas de papel aluminio. Con una aguja caliente se arreglaron u orientaron las secciones y se dejó solidificar la parafina.

4. Cortes en micrótomó rotativo

Se cortó la parafina en bloques de 1.5 cms³. Cada bloque, debidamente identificado, contenía una sección de tejido.

Estos bloques se adhirieron a soportes y se montaron en el micrótomó para hacer los cortes a 4 y 7 micras de grosor.

5. Preparación de montajes

A las laminillas se les aplicó una gota de adhesivo de Haupt y una gota de formalina al 4% como medio de flotación.

La composición del adhesivo de Haupt es:
1 gramo de gelatina en 100 ml de agua a 90°C +
15 ml de glicerina + 2 gramos de fenol.

Las laminillas conteniendo las secciones de tejido se pusieron en un secador de laminillas a 39°C con el propósito de que el tejido se dilatara.

6. Tinción

Algunos de los montajes se tiñeron. En todo caso, se procedió a eliminar la parafina, sometiendo los tejidos a un proceso de hidratación y a otro de deshidratación graduales. Para ello se hicieron pasar las laminillas - por una serie de jarras de Kooplin, como a continuación se detalla:

En xilol por 5 minutos

En xilol/alcohol etílico absoluto en proporción 1:1 por 5 minutos.

en alcohol etílico absoluto por 5 minutos

en alcohol etílico 90% por 5 minutos

en alcohol etílico 70% por 5 minutos

en alcohol etílico 50% por 5 minutos

en alcohol etílico 30% por 5 minutos

en agua por 2 minutos

en azul de toluidina por 1 minuto (los que se tiñeron)

en agua por 1 minuto para quitar el exceso - de colorante

Después de este punto se repitió el procedimiento anterior pero a la inversa, es decir, de alcohol etílico 30% hasta llegar a xilol. Seguidamente se sellaron las laminillas con bálsamo de Canadá.

7. Microfotografías

Se procedió a tomar microfotografías de diferentes regiones y estructuras de la testa.

Finalmente, para observar el sistema vascular de la testa, se colocaron semillas en remojo en colorantes (azul de toluidina y safranina).

VI. RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

6.1. Estudio de la absorción de agua

En los Cuadros 1 y 2 se presentan los resultados del experimento realizado para determinar la permeabilidad al agua de las diferentes regiones de la testa de la semilla de frijol.

Los datos de incremento en peso expresado en porcentaje de los Cuadros 1 y 2 se representan en las Gráficas 1 y 2 respectivamente. En la Gráfica 1 se observa que la región del hilum, micrópilo y rafé (región 2) en el frijol blanco absorbió más agua que cualquiera otra región, tanto a las 2 como a las 4 horas de iniciado el experimento. Esta diferencia de absorción fue significativa al hacer la prueba de Duncan.

No hubo diferencia significativa en la absorción de agua entre las otras regiones de la testa.

En el frijol negro no hubo diferencia en la absorción de agua entre las diferentes regiones de la testa a las 2 horas de iniciado el experimento. Sin embargo, a las 4 horas la absorción fue mayor por la región 2, siendo significativa la diferencia al hacer la prueba de Duncan. No hubo diferencia entre las otras regiones.

Al comparar el comportamiento del frijol blanco con el del negro a las 2 horas de iniciado el experimento, se observa que con excepción de la región 2, las otras regiones de la testa fueron más permeables al agua en el frijol negro que en el blanco, existiendo diferencia significativa en las regiones 3 y 4.

Algo similar ocurrió a las 4 horas de iniciado el experimento, pero en este caso sólo la región 1 mostró diferencia significativa al hacer la prueba de "t".

En la Gráfica 2, se observa que la región 2 en el frijol blanco absorbió más agua que cualquiera otra región tanto a las 2 como a las 4 horas de iniciado el experimento. Esta diferencia fue significativa al hacer la prueba de Duncan. No hubo diferencia en la absorción de agua entre las otras regiones de la testa.

En el frijol negro no hubo diferencia significativa en la absorción de agua entre las diferentes regiones de la testa a las 2 horas de iniciado el experimento. Sin embargo, a las 4 horas, la región 2 absorbió más agua que cualquiera otra región y esta diferencia fue significativa. Las restantes regiones no mostraron diferencias significativas.

Al comparar las Gráficas 1 y 2 se observa que - en el frijol blanco almacenado durante 6 meses todas las regiones de la testa absorbieron más agua que en el frijol blanco almacenado durante 4 meses a las 2 horas de iniciado el experimento. Esta diferencia fue significativa al hacer la prueba de "t". A las 4 horas de iniciado el experimento se observa que con excepción de la región 2, todas las regiones absorbieron más agua en el frijol almacenado durante 6 meses, pero sólo las regiones 1 y 3 mostraron diferencias significativas.

En el frijol negro se observa que a las 2 y a las 4 horas de iniciado el experimento, no existen mayores diferencias en la absorción de agua por las diferentes regiones de la testa entre el frijol almacenado durante 4 y durante 6 meses. Estas diferencias no fueron significativas al hacer la prueba de "t".

Los análisis de varianza, pruebas de Duncan y pruebas de "t", efectuadas para estos experimentos se presentan en los Cuadros 6, 7 y 8 del Apéndice respectivamente.

En los Cuadros 3 y 4 se presentan los resultados del experimento realizado para cuantificar la absorción de agua por las semillas de frijol blanco y negro.

Estos resultados se representan en las Gráficas 3 y 4. En la Gráfica 3 se muestran los pesos - de 25 semillas a las 0 y a las 2 y 4 horas de - remojo de frijol blanco y negro almacenados durante 4 y 6 meses. Se observa que el frijol negro tiene un comportamiento muy similar a los 4 y a los 6 meses de almacenamiento. El frijol blanco, por el contrario, se comportó de manera muy diferente a los 4 y a los 6 meses. A las 2 horas de remojo absorbió más agua el frijol almacenado durante 6 meses, pero a las 4 horas de remojo absorbió más el frijol almacenado durante 4 meses. Estas diferencias fueron significativas al hacer la prueba de "t". Es interesante observar la relación directa que existe entre estas diferencias de absorción y el comportamiento de la región 2 en el experimento anterior.

En la Gráfica 4 se muestran los incrementos en peso en porcentaje debidos a la absorción de agua del frijol blanco y negro almacenados durante 4 y 6 meses. Al comparar el frijol blanco con el negro se observa que el frijol blanco almacenado durante 4 meses se comportó de manera similar al frijol negro almacenado durante 4 y durante 6 meses, no encontrándose diferencia - significativa entre ellos.

El frijol blanco almacenado durante 6 meses tuvo un comportamiento muy diferente en relación a los demás y las diferencias fueron significativas. Las pruebas de "t" efectuadas para este experimento se resumen en el Cuadro 9 del Apéndice.

En el Cuadro 5 se presentan los resultados del experimento realizado para determinar la absorción de agua por la semilla de frijol blanco y negro durante un período de 24 horas consecutivas. Estos resultados se representan en las Gráficas 5 y 6. En la Gráfica 5 se muestran las curvas de aumento en el peso de 25 semillas, debido a la absorción de agua. Se observa que en las 10 primeras horas los frijoles blanco y negro se comportan de manera diferente. Sin embargo, a partir de las 10 horas se comportan de manera muy similar, registrándose muy poco aumento en el peso y esta situación se mantiene hasta el final del experimento o sea hasta las 24 horas.

En la Gráfica 6 se muestran las curvas de incremento en el peso en porcentaje debido a la absorción de agua por el frijol blanco y negro. Aquí se puede observar de mejor manera el comportamiento diferente para los dos frijoles en las primeras 10 horas.

El frijol blanco absorbe la mayor cantidad de agua en las primeras 2 horas y luego la absorción decrece considerablemente.

El frijol negro absorbe la mayor cantidad de agua a las 4 horas, sin embargo, en las primeras 8 horas la absorción de agua es importante.

CUADRO 1

Aumento en el peso debido a la absorción de agua por diferentes regiones de la testa de la semilla de frijol blanco y negro almacenados durante un período de 4 meses, a las 2 y 4 horas de iniciado el experimento. Los datos son promedios de 4 repeticiones.

Frijol	Tiempo (horas)	Posición (*)	Peso de 25 semillas (grs)	Incremento en peso (%)
Blanco	0.0	1	6.38	-----
		2	6.48	-----
		3	6.65	-----
		4	6.50	-----
	2.0	1	6.51	2.11
		2	7.29	12.56
		3	6.74	1.33
		4	6.64	2.14
	4.0	1	6.78	4.17
		2	9.11	28.06
		3	6.96	3.44
		4	6.98	5.12
Negro	0.0	1	4.51	-----
		2	4.71	-----
		3	4.77	-----
		4	4.93	-----
	2.0	1	4.77	5.75
		2	4.90	3.94
		3	5.05	5.70
		4	5.14	4.37
	4.0	1	5.18	9.22
		2	5.49	12.59
		3	5.36	6.52
		4	5.46	6.46

- * Posición 1: Hilum hacia arriba
 Posición 2: Hilum hacia abajo
 Posición 3: Hilum hacia la derecha
 Posición 4: Hilum hacia la izquierda.

CUADRO 2

Aumento en el peso debido a la absorción de agua por diferentes regiones de la testa de la semilla de frijol blanco y negro almacenado durante un período de 6 meses, a las 2 y 4 horas de iniciado el experimento. Los datos son promedios de 4 repeticiones.

Frijol	Tiempo (horas)	Posición	Peso de 25 semillas (grs)	Incremento en peso (%)
Blanco	0.0	1	6.70	-----
		2	6.88	-----
		3	6.76	-----
		4	6.77	-----
	2.0	1	7.05	5.24
		2	8.71	26.42
		3	7.21	6.68
		4	7.19	6.39
	4.0	1	7.48	6.41
		2	10.19	21.54
		3	7.75	8.06
		4	7.72	7.69
Negro	0.0	1	4.88	-----
		2	4.75	-----
		3	4.68	-----
		4	4.95	-----
	2.0	1	5.15	5.39
		2	5.14	8.41
		3	5.03	7.58
		4	5.26	6.31
	4.0	1	5.46	6.38
		2	5.89	15.68
		3	5.43	8.50
		4	5.70	8.75

CUADRO 3

Aumento en el peso debido a la absorción de agua de las semillas de frijol blanco y negro almacenados durante un período de 4 meses a las 2 y 4 horas de remojo. Los datos son promedios de 4 repeticiones.

Frijol	Horas de remojo.	Peso de 25 semillas (grs)	Incremento en peso (%)
Blanco	0.0	6.60	-----
	2.0	9.05	37.37
	4.0	11.68	39.78
Negro	0.0	4.84	-----
	2.0	6.55	35.35
	4.0	8.22	34.51

CUADRO 4

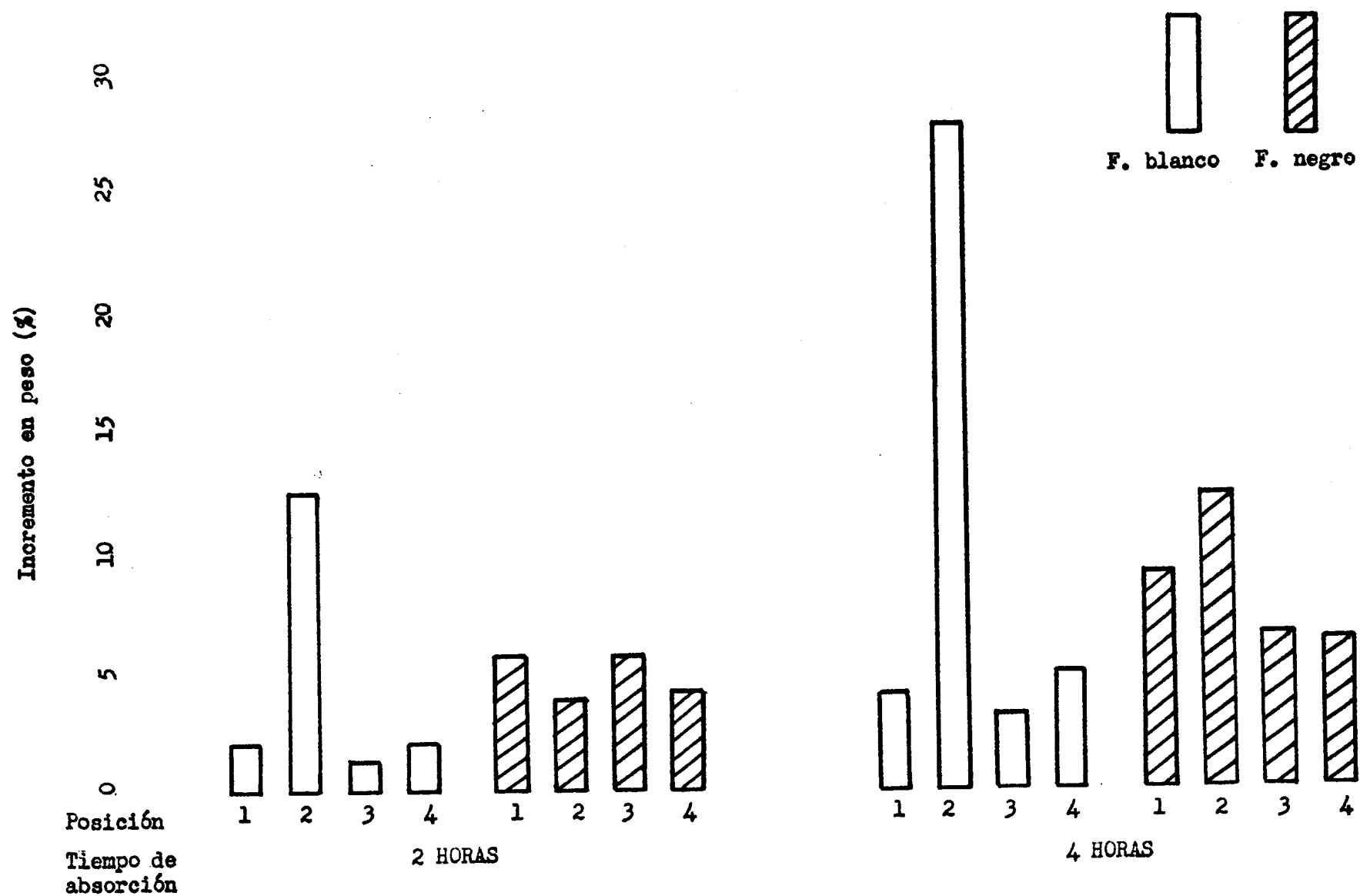
Aumento en el peso debido a la absorción de agua de las semillas de frijol blanco y negro almacenados durante un período de 6 meses a las 2 y 4 horas de remojo. Los datos son promedios de 4 repeticiones.

Frijol	Horas de remojo.	Peso de 25 semillas (grs)	Incremento en peso (%)
Blanco	0.0	6.70	-----
	2.0	11.31	68.80
	4.0	12.42	16.44
Negro	0.0	4.90	-----
	2.0	6.34	29.22
	4.0	8.03	34.40

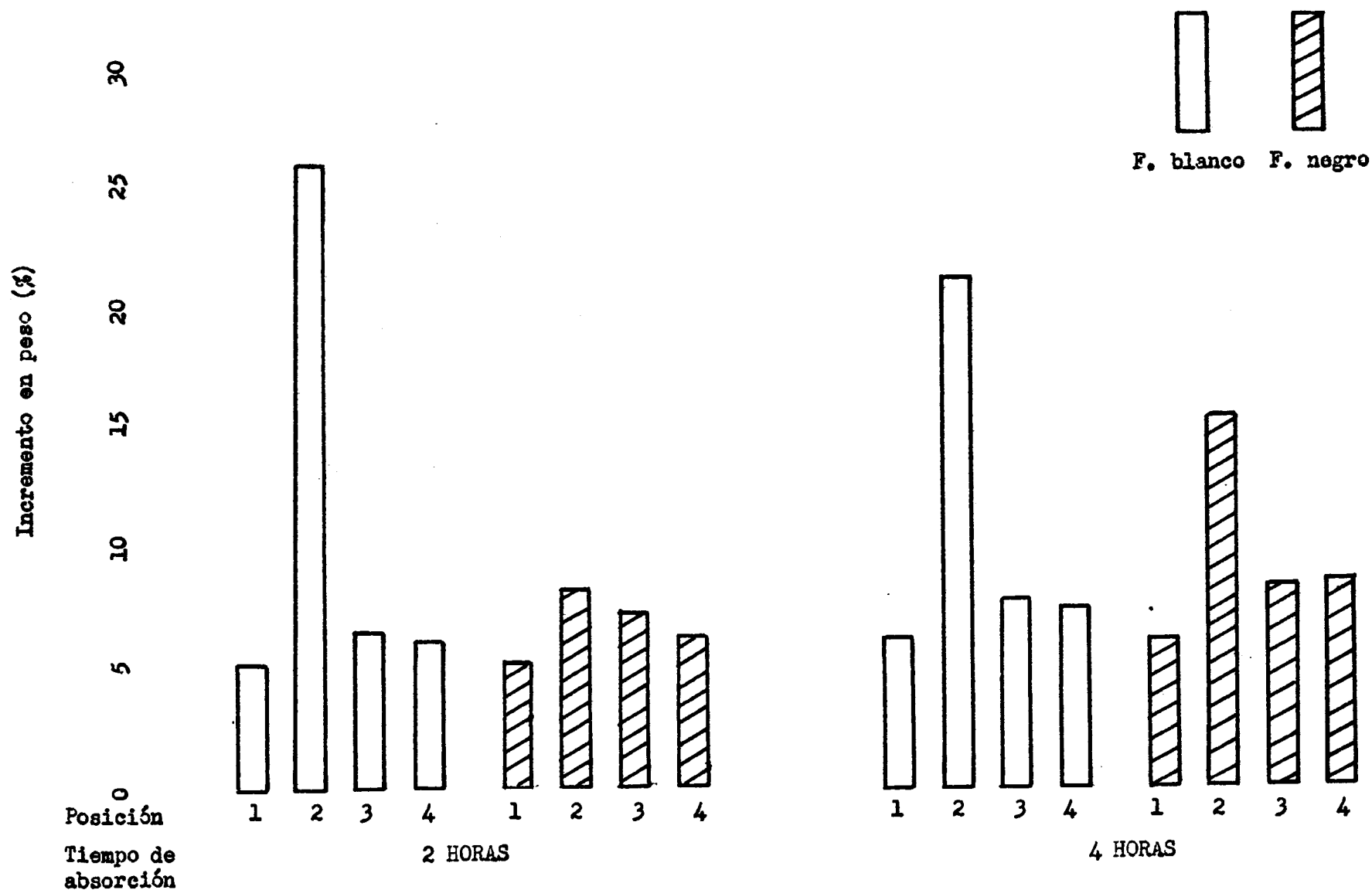
CUADRO 5

Aumento en el peso debido a la absorción de agua de las semillas de frijol blanco y negro almacenados durante 6 meses. Los datos son promedios de 4 repeticiones.

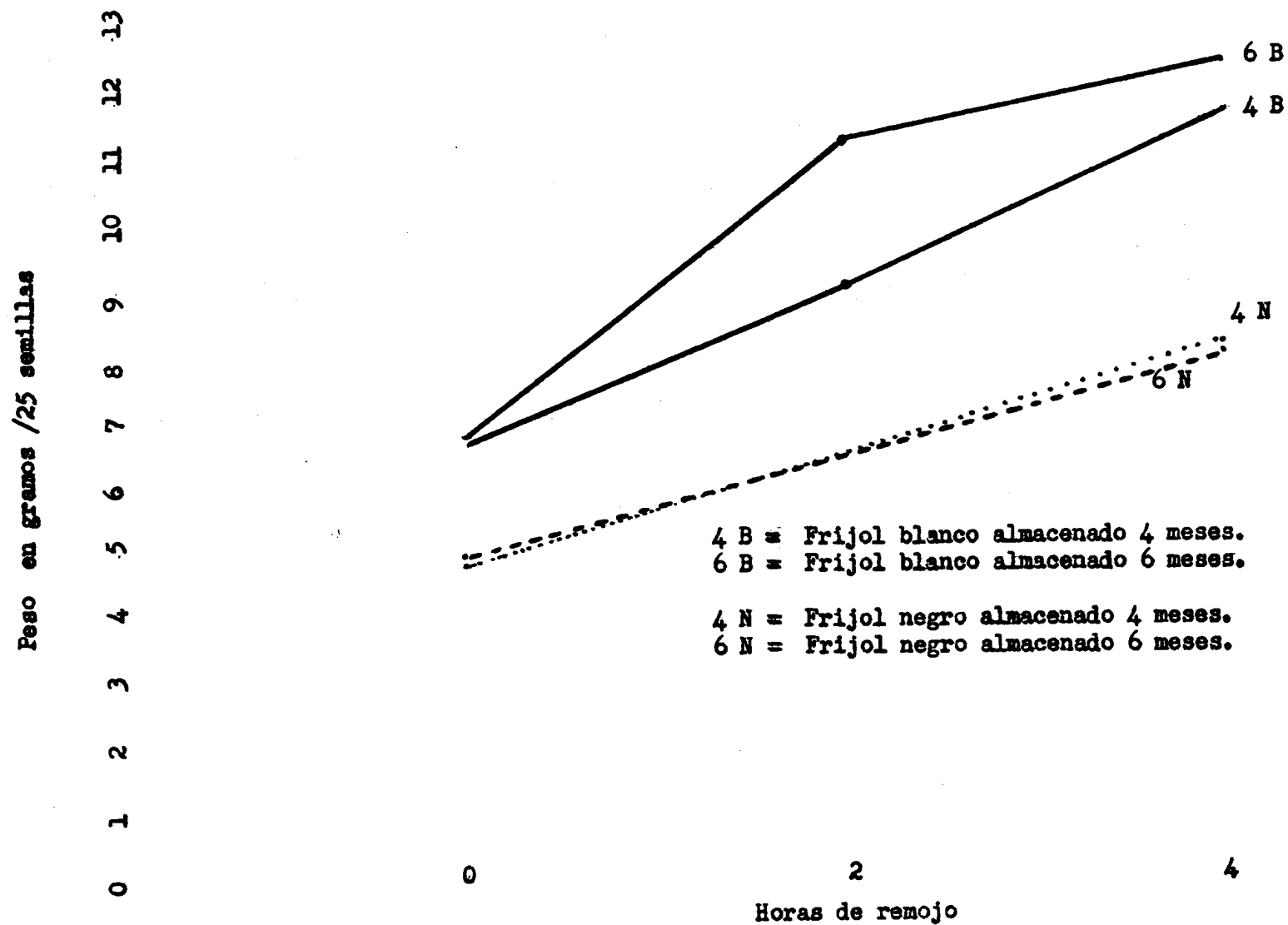
F R I J O L B L A N C O			F R I J O L N E G R O		
Tiempo de remojo (horas)	Peso de 25 semillas (gramos)	Incremento en peso (%)	Tiempo de remojo (horas)	Peso de 25 semillas (gramos)	Incremento en peso (%)
0.0	6.73	-----	0.0	4.84	-----
2.0	11.36	68.86	2.0	5.80	19.84
4.0	12.38	15.21	4.0	7.37	32.49
6.0	12.73	5.08	6.0	8.61	25.64
8.0	12.91	2.74	8.0	9.55	19.68
10.0	13.01	1.45	10.0	9.77	4.68
12.0	13.10	1.25	12.0	9.94	3.36
14.0	13.13	0.56	14.0	10.01	1.40
16.0	13.21	1.13	16.0	10.08	1.48
18.0	13.25	0.64	18.0	10.14	1.24
20.0	13.29	0.50	20.0	10.21	1.42
22.0	13.33	0.58	22.0	10.25	0.90
24.0	13.37	0.63	24.0	10.33	1.69



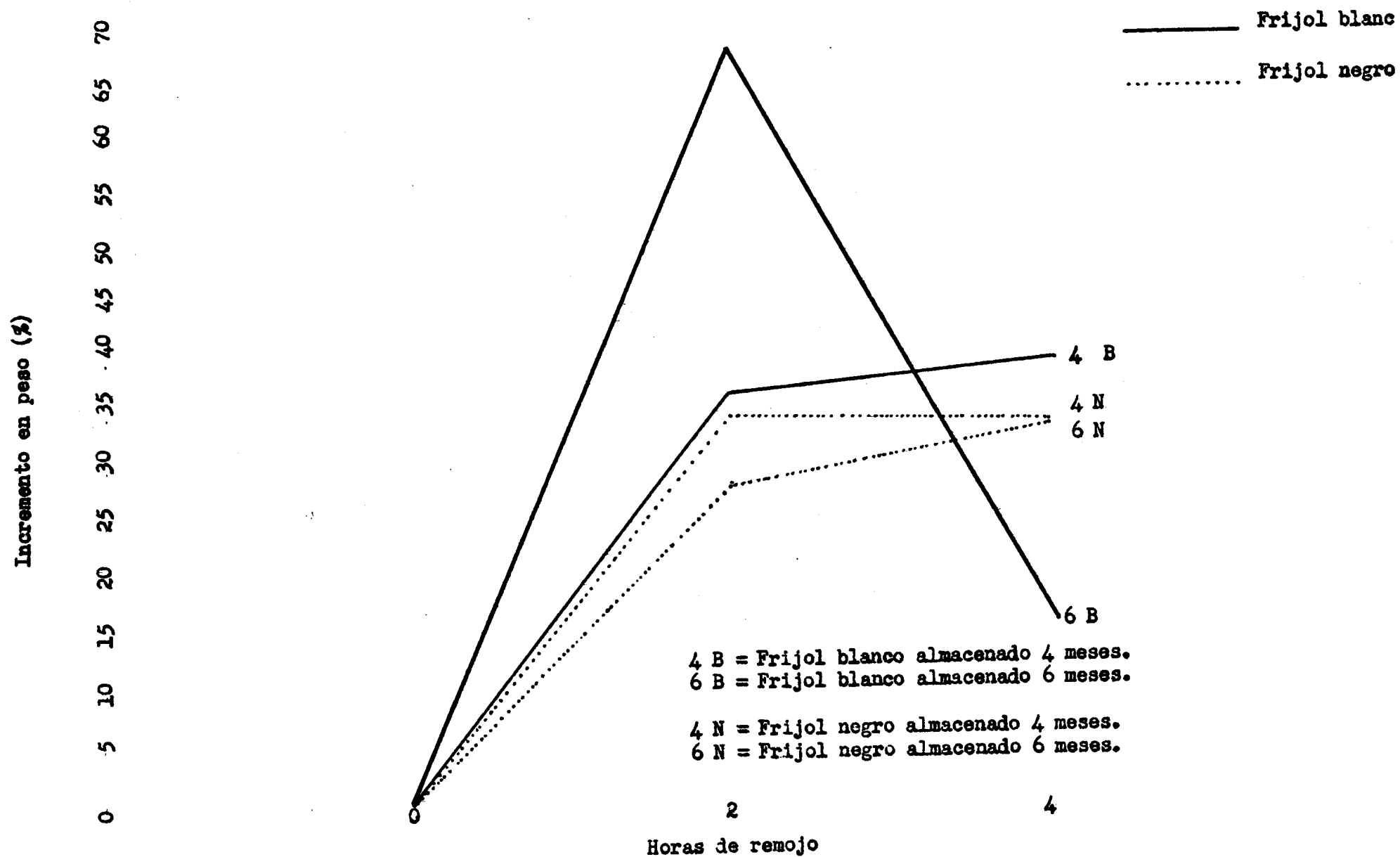
GRAFICA I. Incremento en peso (%) debido a la absorción de agua por diferentes regiones de la testa de la semilla de frijol blanco y negro almacenados durante 4 meses.



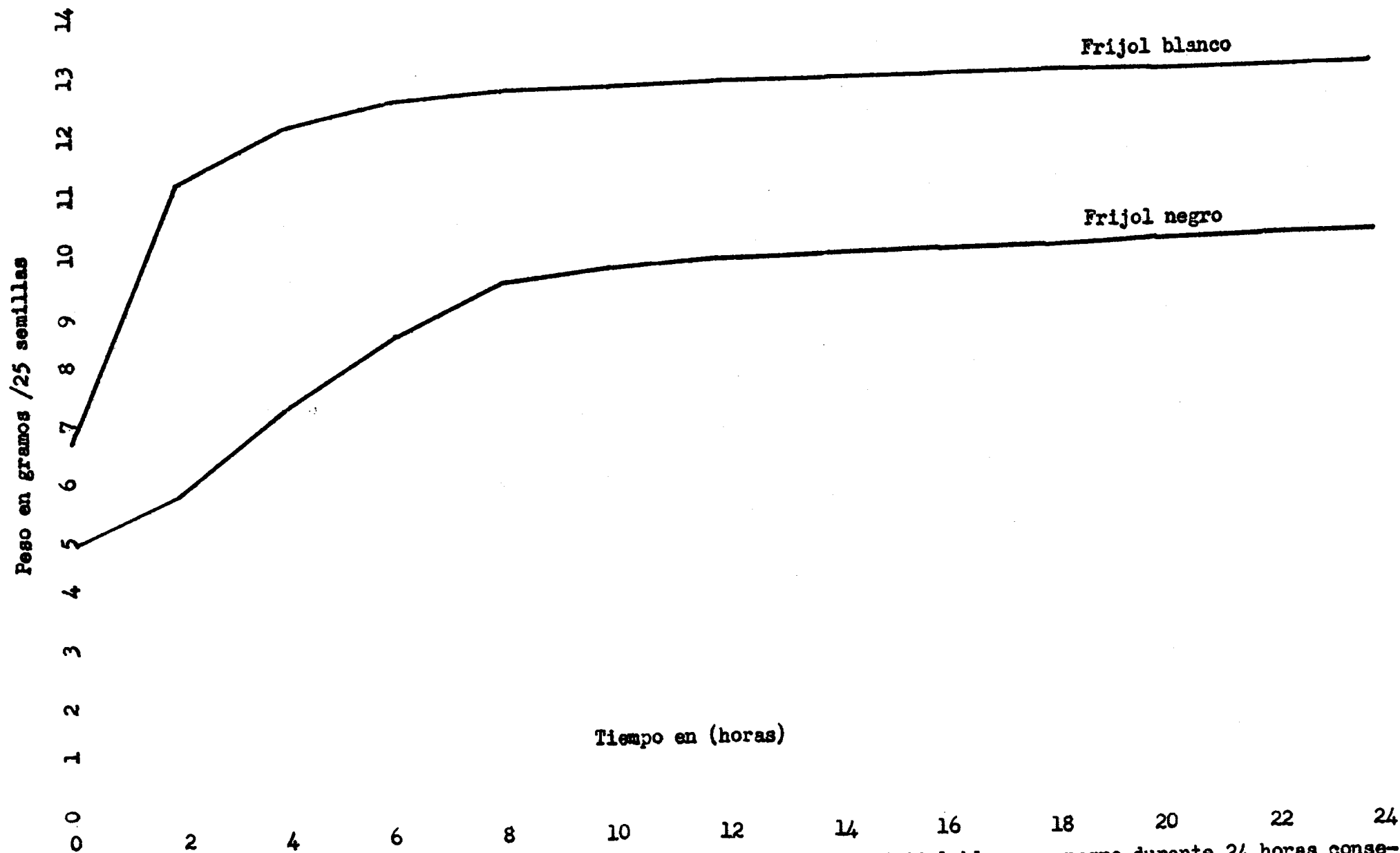
GRAFICA 2. Incremento en peso (%) debido a la absorción de agua por diferentes regiones de la testa de la semilla de frijol blanco y negro almacenados durante 6 meses.



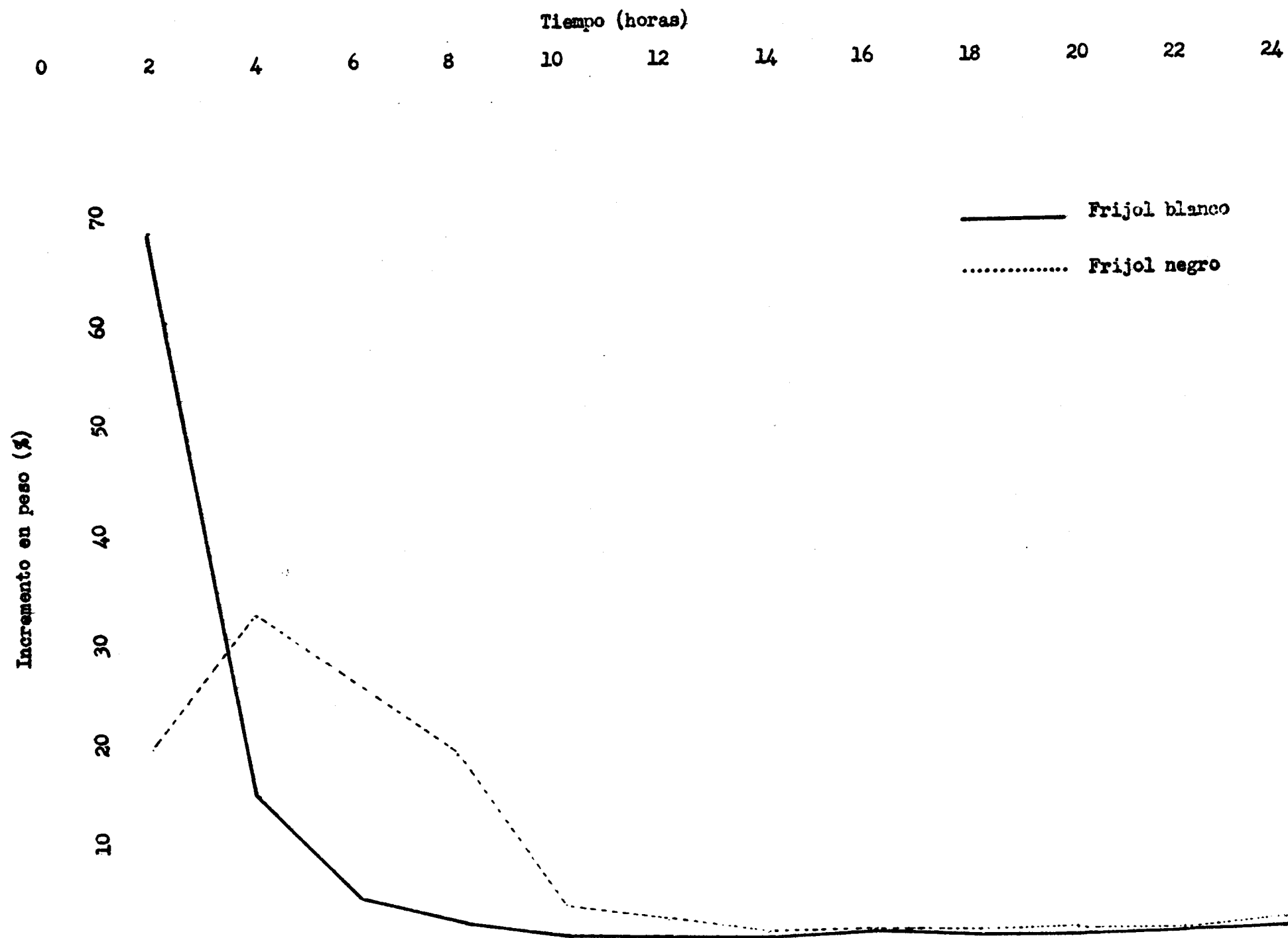
GRAFICA 3. Aumento en el peso (grs.) del frijol blanco y negro almacenados durante 4 y 6 meses; a las 2 y 4 horas de remojo.



GRAFICA 4. Incremento en el peso (%) debido a la absorción de agua del frijol blanco y negro almacenados durante 4 y 6 mese; a las 2 y 4 horas de remojo.



GRAFICA 5. Aumento en el peso (Grs.) debido a la absorción de agua del frijol blanco y negro durante 24 horas consecutivas.



GRAFICA 6. Incremento en el peso (%) debido a la absorción de agua del frijol blanco y negro durante 24 horas consecutivas.

6.2. Estudio anatómico de la testa de la semilla de frijol

El estudio anatómico de la testa de la semilla de frijol revela que está compuesta, de afuera hacia adentro, por los siguientes tejidos:

1. Una capa en empalizada de esclereidas, llamadas por su forma, macroesclereidas, con paredes desigualmente engrosadas. Esta capa constituye la epidermis.
2. Una capa sub-epidermal, compuesta por esclereidas cortas que contienen en su interior cristales grandes.
3. Un tejido de parénquima con grandes espacios intercelulares.

La región del hilum está compuesta por:

1. El remanente del tejido funicular
2. Dos capas en empalizada de esclereidas dispuestas una sobre la otra.
3. Un grupo compacto de traqueídas, llamado - Isla de Traqueidas, que corre a todo lo largo del hilum.

El rafé está constituido por células de parénquima. Entre el rafé y el hilum existe un conjunto de traqueidas que guardan una orientación perpendicular a la Isla de Traqueidas del hilum y constituye la entrada del sistema vascular a la semilla.

Al comparar la estructura anatómica de la semilla de frijol blanco con la del frijol negro, se observan diferencias en el tamaño de las estructuras, y esto guarda relación con el tamaño total de la semilla. Así, el grosor de la testa en la semilla de frijol blanco es de 350 micras y en el frijol negro es de 200 micras aproximadamente.

Al colocar semillas de frijol blanco para que absorbieran colorante (azul de toluidina o safranina), se pudo observar el sistema vascular de la testa. De esa manera se estableció que el sistema vascular penetra por o junto al rafé y se bifurca a ambos lados del hilum, recorriéndolo paralelamente, de allí se ramifica ampliamente en ambos lados de la testa.

Figura 3

Macroesclereidas en frijol negro.

Las paredes celulares presentan diferentes engrosamientos: las paredes laterales y la pared correspondiente a la superficie de la semilla son más gruesas.

El interior de las células está lleno de compuestos fenólicos. Estos se reconocen por la coloración - que adquieren al teñir el tejido con toluidina azul.

Figura 4

Sección transversal de la testa de frijol blanco.

La flecha señala los cristales incluidos dentro de las células de la capa sub-epidermal.

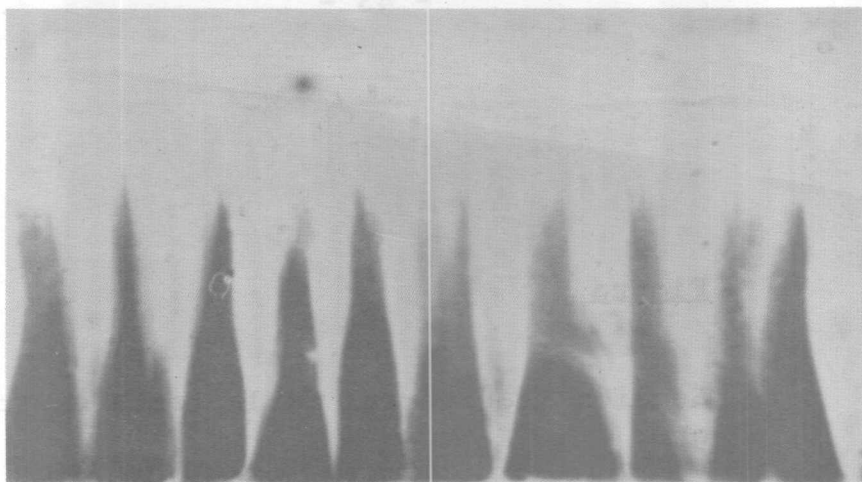


Figura 3
x 950

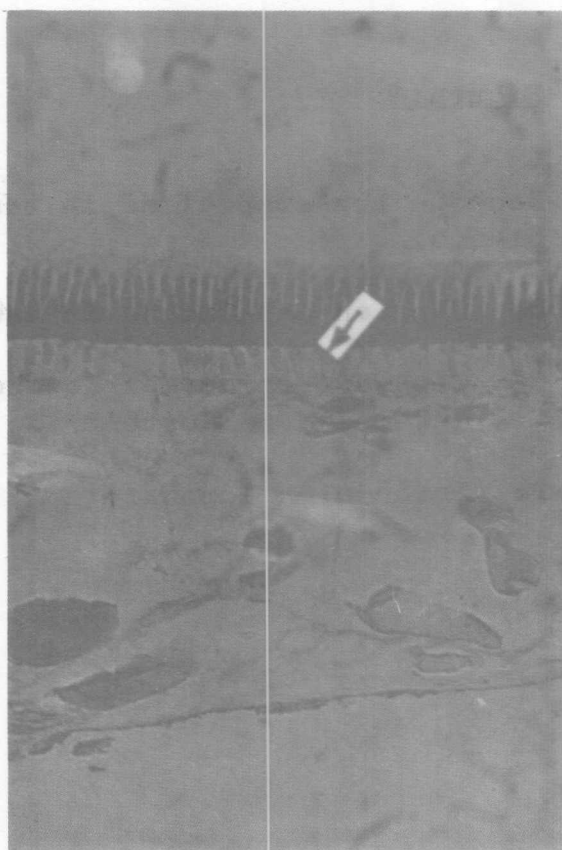


Figura 4
x 150

Figura 5

Sección transversal de la testa en frijol negro.

Se observa la capa epidermal en empalizada de esclereidas (E), la capa sub-epidermal (SE) y el parénquima con grandes espacios intercelulares (P). La flecha señala depósitos de compuestos fenólicos.

022 x

Figura 6

Sección transversal de la testa en frijol blanco.

E: Capa en empalizada de esclereidas

SE: Capa sub-epidermal de esclereidas cortas
("Células de Sostén")

P: Parénquima lagunar.

Figura 6
x 120

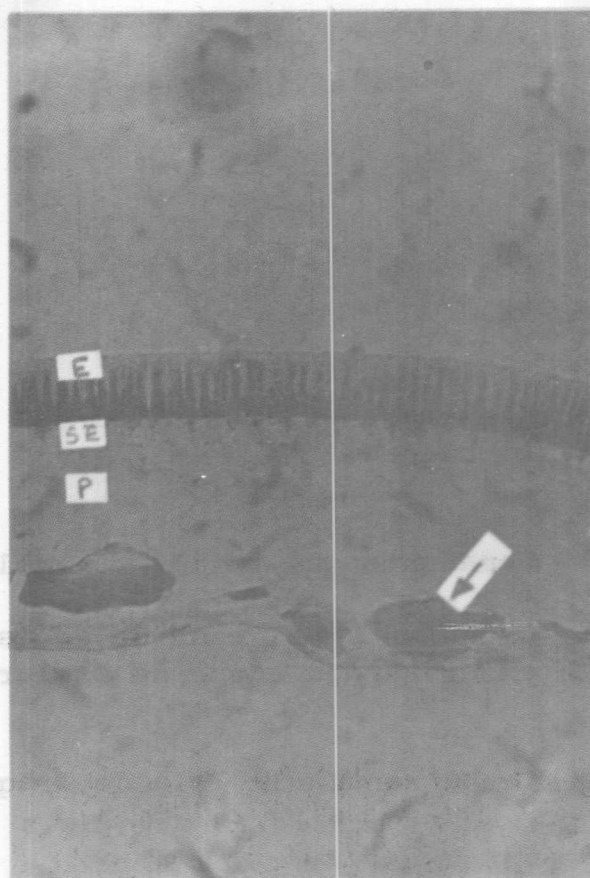


Figura 5
x 160

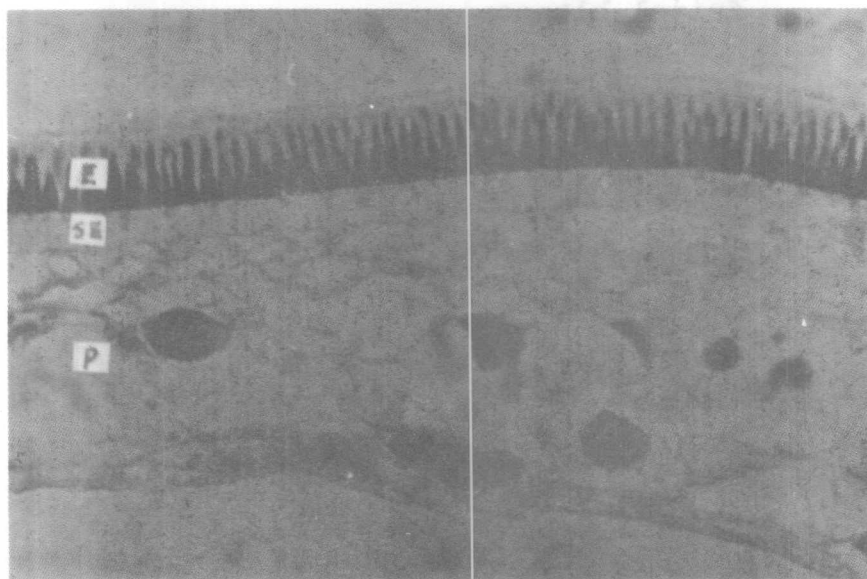


Figura 6
x 150

Figura 7

Sección transversal a nivel del hilum en frijol blanco.

F: Remanente del tejido funicular

E: Capas en empalizada de esclereidas. Se observan dos capas de esclereidas

La flecha señala la Isla de Traqueidas.

Figura 8

Sección transversal a nivel del hilum en frijol blanco.

Mayor detalle que la figura anterior.

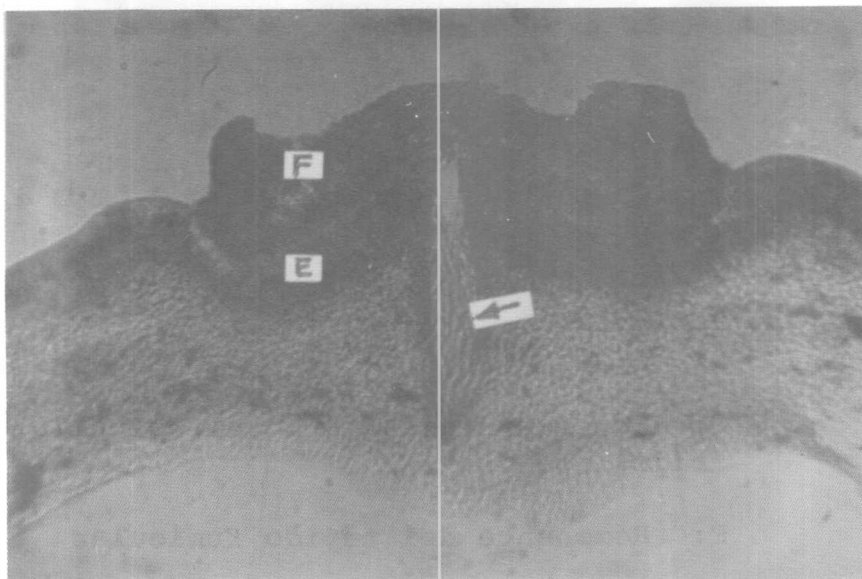


Figura 7

x 35

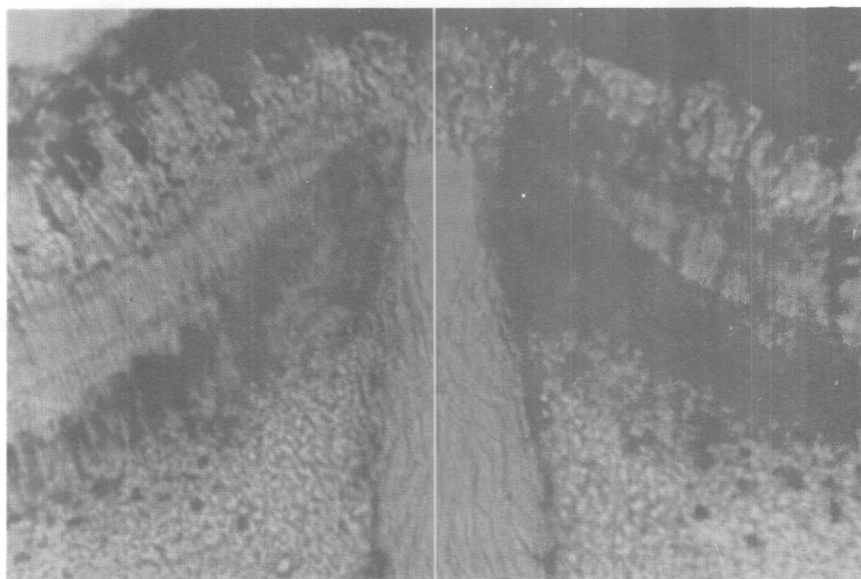


Figura 8

x 100

Figura 9

Sección transversal a nivel del hilum en frijol negro.

F: Remanente del tejido funicular

E: Capas en empalizada de esclereidas.
Se observan dos capas de esclereidas.

La flecha señala la Isla de Traqueidas.

Figura 10

Sección transversal a nivel del hilum en frijol negro.

Mayor detalle que en la figura anterior.

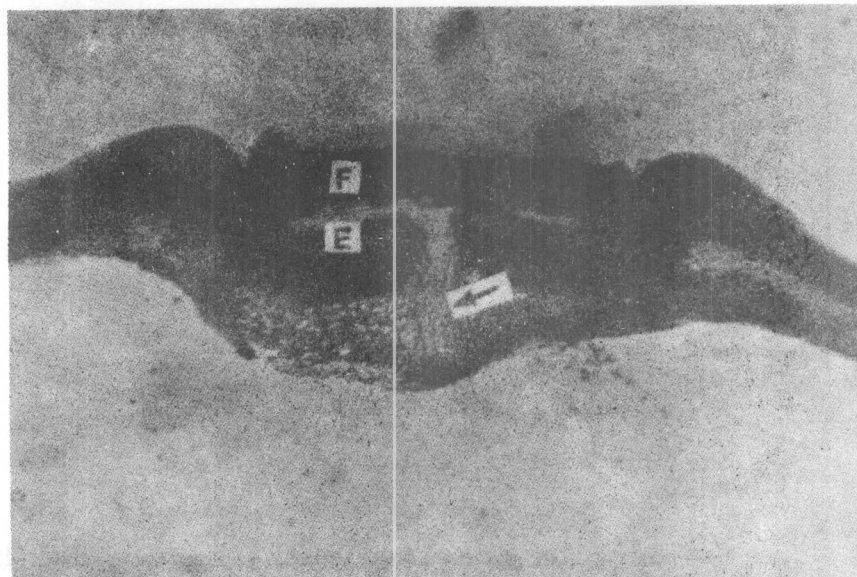


Figura 9

x 35

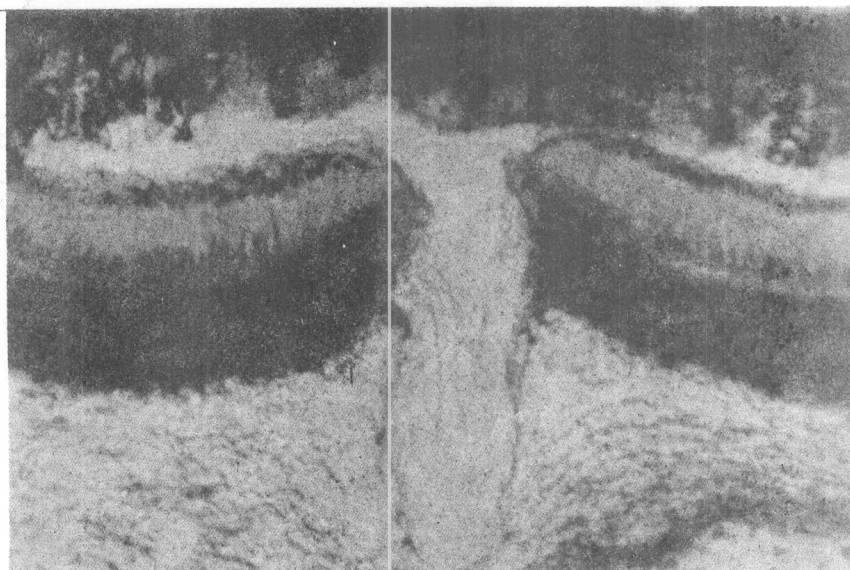


Figura 10

x 100

Figura 11

Sección longitudinal a nivel del hilum en frijol negro que muestra la Isla de Traquei das. Esta tiene un ancho de 150 micras a - proximadamente.

Figura 11
25 x

Figura 12

Sección longitudinal a nivel del hilum en - frijol blanco que muestra la Isla de Traquei das. Esta tiene un ancho de 230 micras apro ximadamente.

Figura 12
301 x

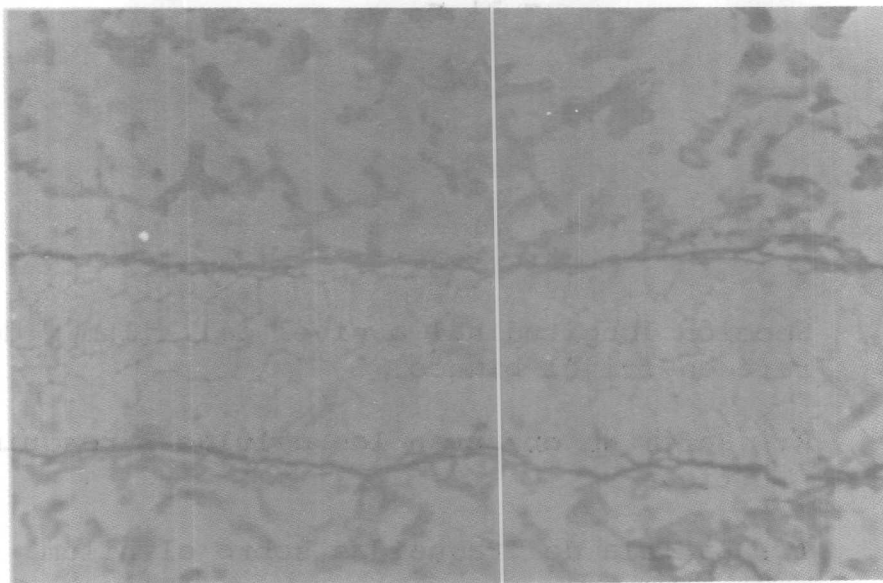


Figura 11
x 167

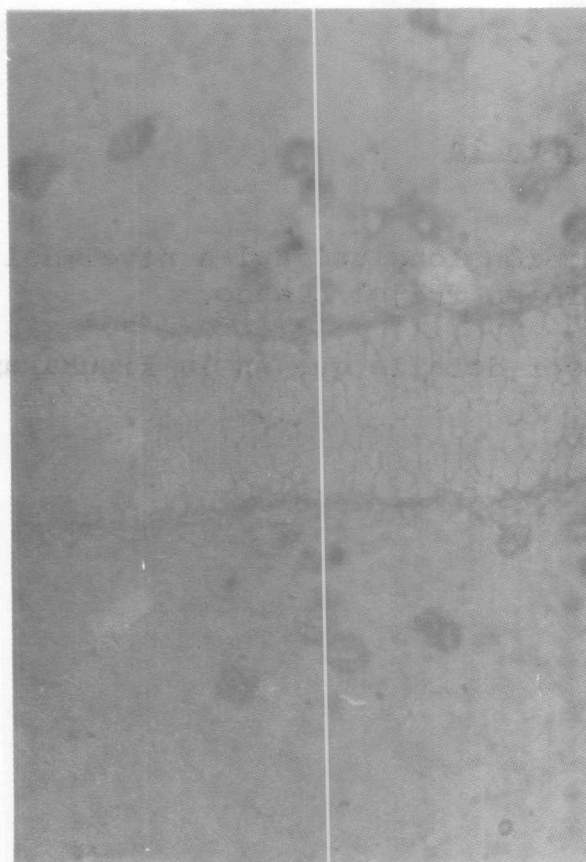


Figura 12
x 100

Figura 13

Sección longitudinal a nivel del hilum y del rafé en frijól blanco.

R: Rafé; se observan las células parenquimáticas

IT: La Isla de Traqueidas sobre el hilum

La flecha señala el conjunto de traqueidas - que guarda una orientación perpendicular a la Isla de Traqueidas; constituye el sistema vascular que penetra a la semilla.

Figura 14

Sección longitudinal a nivel del hilum y del rafé en frijol blanco.

Mayor detalle que en la figura anterior.

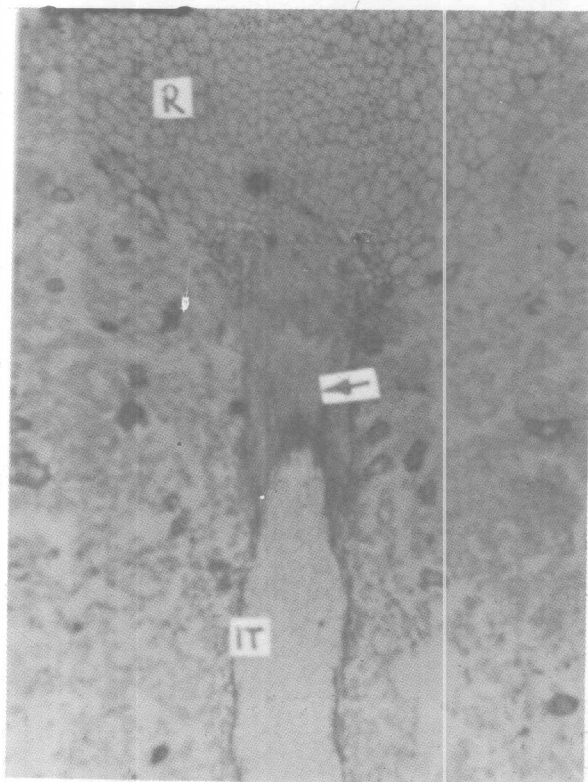


Figura 13
x 50

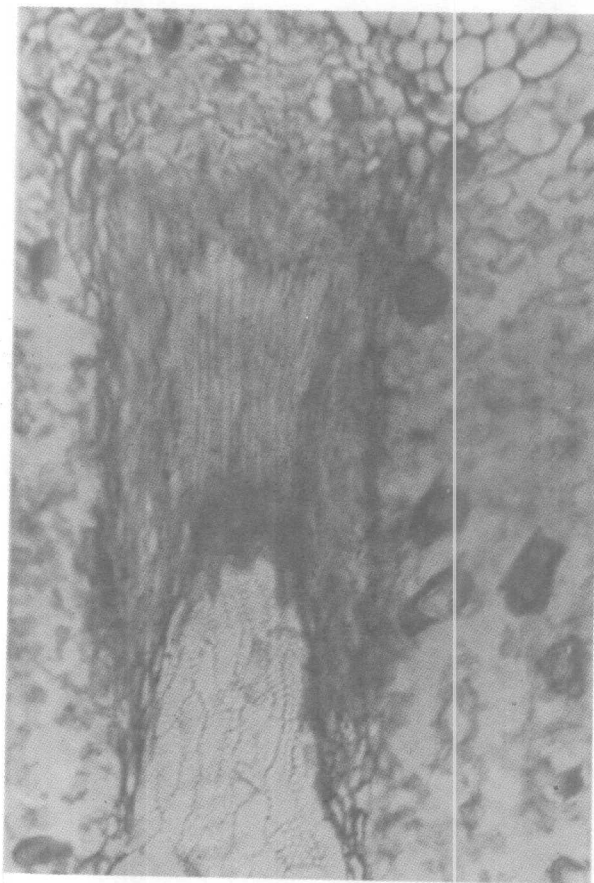


Figura 14
x 125

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La mayor absorción de agua en la semilla de frijol, en las variedades estudiadas, se registra por las regiones del hilum, micrópilo y rafé. Esto está de acuerdo con lo anotado por Kile y Randall (17). Las restantes regiones de la testa (regiones laterales y región ventral opuesta al hilum) no difieren entre sí en lo que respecta a la absorción de agua.
2. En las primeras 4 horas de remojo las semillas de frijol blanco absorbieron más agua que las semillas de frijol negro a los 6 meses de almacenamiento, sin embargo, no hubo diferencia a los 4 meses de almacenamiento.
3. La absorción de agua por las semillas de frijol blanco y negro siguió un patrón diferente en las primeras 10 horas de remojo. A partir de ese momento la absorción de agua fue muy parecida en ambas semillas. Hasta el final del experimento (24 horas) la absorción de agua continuaba, si bien su magnitud es significativamente menor.

Estos resultados concuerdan con los reportados por Molina, Batten y Bressani (20), quienes indican que los frijoles almacenados por algún tiempo no alcanzan su hidratación máxima aún después de 24 horas de remojo, mientras que los frijoles recién cosechados alcanzan su máxima hidratación a las 8 horas de remojo. Nuevamente se encuentra que el tiempo de almacenamiento provoca cambios en la permeabilidad al agua de la semilla, cuya naturaleza se desconoce.

4. A las 14 horas se empezó a observar la emergencia de la radícula en semillas de frijol negro sometidas a remojo. En las semillas de frijol blanco la radícula emergió a partir de las 16 horas de remojo.
5. Las semillas de frijol negro absorbieron más agua que las de frijol blanco al final del período de 24 horas, pues aquellas aumentaron su peso en un 113.4% y éstas lo hicieron en un 98.6%. Si se considera que las semillas de frijol negro eran más pequeñas que las del blanco, se infiere que existió una relación inversa entre el tamaño de la semilla y la absorción de agua.
6. No se observó ninguna diferencia importante, a nivel del microscopio compuesto, entre la estructura vascular y protectora de las semillas de frijol blanco y negro, por lo que las diferencias en absorción de agua, no han podido ser relacionadas con diferencias estructurales.
7. Finalmente, se espera que el estudio anatómico de la testa de la semilla de frijol contribuya con otros estudios en lo referente a la absorción de agua.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. Bourne, M.C. Size, Density and Hardshell in Dry Beans. Food Tech. 21: pp. 335 - 338. 1967
2. Bressani, R., Méndez, J. y Scrimshaw, N. Valor nutritivo de los frijoles centroamericanos. Separata de Archivos Venezolanos Nutricionales. 10 (2). pp. 71 - 84. 1960
3. Davies, D., Giovanelli, J. y Rees, T. Bioquímica Vegetal. Traducido por Bernabé Sanz Pérez y Abilio-Abundo González. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. pp. 448 - 463. 1969
4. De Freitas, E. Efecto de diferentes condiciones de almacenamiento sobre las características físico-químicas y nutricionales del frijol (Phaseolus vulgaris). Tesis de Maestría. Curso de PostGrado en Ciencias de Alimentos y Nutrición Animal. USAC-INCAP-CESNA. Guatemala. 1973.
5. Devlin, R. Fisiología Vegetal. Tercera Edición. Traducido por Xavier Llimona Pagés. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. pp. 472 - 476. 1976
6. Elias Et. Al. Valor Nutritivo de Leguminosas de Grano. Turrialba: Vol. 26, Núm. 4, Trimestre Octubre-Diciembre 1976. pp. 376 - 380.
7. Elias, L. y Bressani, R. Valor Nutritivo de Leguminosas de Grano de El Salvador. Presentado en la XXI Reunión Anual del Programa - Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA). - Del 7 al 11 de abril 1975.

8. Esau, K. Anatomy of Seed Plants. John Wiley - and Sons. New York. pp.464 - 466. 1977
9. ----- Anatomía Vegetal. Tercera Edición. - Traducido por José Pons Rosell. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. pp. 44 - 45, 207 - 208 y 651 - 657. 1976
10. Espigares, M. Estudio sobre las posibles relaciones entre parámetros físicos, químicos y nutricionales en Phaseolus vulgaris. Tesis de Químico Farmacéutico. Universidad - de San Carlos. Guatemala, 1977
11. Gómez, R., Elias, L., de Ruiloba, E. y Bressani, R. Desarrollo y uso de un instrumento de laboratorio para medir la dureza del grano de frijol. Presentado en la XX Reunión Anual del PCCMCA. San Pedro Sula, Honduras, del 11 al 15 de febrero, 1974
12. Gómez, R. Importancia del frijol en la América Latina y Variabilidad en su Composición - Química. Presentado en la XVI Reunión Anual del PCCMCA. Antigua Guatemala, Guatemala, del 25 al 30 de enero 1970.
13. Hamad, N. & Powers, J. Imbibition and Pectic - Content of Canned Dry-Line Beans. Food - Tech. pp. 469 - 652. April 1965
14. Hughes, P. & Sandsted, R. Effect of Temperature Relative humidity and Light on the Color - of "California Light Red Kidney" Bean Seed During Storage. Hort Science 10 (4): pp. 421 - 423. 1975

15. Informe Económico Banco de Guatemala. Año XX, IV. Octubre-Diciembre 1977
16. Jensen, W. Botanical Histochemistry. W.H. - Freeman and Company. USA. pp. 78 - 98.
17. Kyle, J.H. & Randall, T.E. A new concept of the hard seed character in Phaseolus vulgaris L. and its use in breeding and inheritance studies. Proceeding of the American Society of Agricultural Science. 83: pp. 461 - 475, 1963
18. Marbach, I. & Mayer, A. Changes in Catechol Oxidase and Permeability to water in Seed Coats of Pisum elatius during Seed Development and Maturation. Plant Physiol. Vol. 56. pp. 93 - 96. 1975
19. Moh, C.C. & Alap J.J. A note on the inheritance of shiny factor in the seed coat of beans. Turrialba 14 (3). pp. 156 - 157, 1974
20. Molina, M., Batten, M. y Bressani, R. Tratamiento térmico: Un proceso para controlar el desarrollo de dureza en el frijol negro (Phaseolus vulgaris L.). Presentado en la XXI Reunión Anual del PCCMCA. San Salvador, del 7 al 11 de abril 1975.
21. Molina, M., de la Fuente, G. y Bressani, R. Interrelaciones entre tiempo de remojo, tiempo de cocción y otras características del frijol (Phaseolus vulgaris). Separata de Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol. XXIV, No. 4. Diciembre 1974.
22. Morris, J., Campbell, W. & Wiebe, H. A refractometric method for testing seed coat permeability. Agronomy Journal 60(1). pp. 79 - 80. 1968.

23. Robbins, W., Weier, T. y Stocking, C. Botánica
Traducido por Alonso Blackaller Valdés. E
ditorial Limusa. México, 1976.
24. Sarafi, A. New genes for seed coat color in A-
merican and Iranian blotch beans varieties.
Journal of Heredity 65 (5). pp. 319 - 320.
1974.
25. Secretaría Permanente del Tratado General de In
tegración Económica Centroamericana (SIECA)
Algunos aspectos de la situación del frijol
en Centroamérica, 1965 - 1969. Presentado
en la XVII Reunión Anual del PCCMCA. Pana-
má, R.P. del 2 al 5 de marzo 1971.
26. Smith, A. & Nash, A. Water absorption of Soy-
beans. The Journal of the American Oil
Chemist's Society. Vol. 38. pp.120 - 123.

Vo.Bo.
Marina Guerra de Jerez
Licda.en Bibliotecología
Col. No. 470

- 59 -

A P E N D I C E

CUADRO 6

ANALISIS DE VARIANZA

Frijol blanco almacenado durante 4 meses, a las 2 horas de absorción de agua.

FV	GL	SC	CM	FC
Total	15	397.05	26.47	
Tratamientos	3	345.47	115.15	26.84 *
Error	12	51.58	4.29	

$$F_t 0.05 = 3.49$$

Frijol blanco almacenado durante 4 meses, a las 4 horas de absorción de agua.

FV	GL	SC	CM	FC
Total	15	1883.03	125.53	
Tratamientos	3	1707.68	569.22	38.96 *
Error	12	175.35	14.61	

Frijol negro almacenado durante 4 meses, a las 2 horas de absorción de agua.

FV	GL	SC	CM	FC
Total	15	67.38	4.49	
Tratamientos	3	10.25	3.41	0.71 N.S.
Error	12	57.13	4.76	

Frijol negro almacenado durante 4 meses, a las 4 horas de absorción de agua.

FV	GL	SC	CM	FC
Total	15	161.76	10.78	6.28 *
Tratamientos	3	98.82	32.94	
Error	12	62.94	5.24	

CONTINUACION CUADRO 6

ANALISIS DE VARIANZA

Frijol Blanco almacenado durante 6 meses, a las 2 horas de absorción de agua.

FV	GL	SC	CM	FC
Total	15	1428.47	95.23	
Tratamientos	3	1242.12	414.04	26.67 *
Error	12	186.35	15.52	

$F_{t 0.05} = 3.49$

Frijol blanco almacenado durante 6 meses, a las 4 horas de absorción de agua.

FV	GL	SC	CM	FC
Total	15	767.07	51.13	
Tratamientos	3	606.82	202.27	15.15 *
Error	12	160.25	13.35	

Frijol negro almacenado durante 6 meses, a las 2 horas de absorción de agua.

FV	GL	SC	CM	FC
Total	15	123.73	8.24	
Tratamientos	3	21.42	7.14	0.83 N.S.
Error	12	102.31	8.52	

Frijol negro almacenado durante 6 meses, a las 4 horas de absorción de agua.

FV	GL	SC	CM	FC
Total	15	362.54	24.16	
Tratamientos	3	196.19	65.39	4.71 *
Error	12	166.35	13.86	

CUADRO 7

PRUEBAS DE DUNCAN

Frijol blanco almacenado durante 4 meses a las 2 horas de absorción de agua.

Tratamientos comparados	Diferencias	Rango	Duncan	Signific.
2 - 3	11.23	4	4.32	*
2 - 1	10.45	3	3.88	*
2 - 4	10.42	2	3.17	*
4 - 3	0.81	3	3.88	N.S.
4 - 1	0.03	2	3.17	N.S.
1 - 3	0.78	2	3.17	N.S.

Frijol blanco almacenado durante 6 meses, a las 2 horas de absorción de agua.

Tratamientos comparados	Diferencias	Rango	Duncan	Significancia
2 - 1	21.18	4	8.23	*
2 - 4	20.03	3	7.38	*
2 - 3	19.74	2	6.03	*
3 - 1	1.44	3	7.38	N.S.
3 - 4	0.29	2	6.03	N.S.
4 - 1	1.15	2	6.03	N.S.

Frijol blanco almacenado durante 6 meses a las 4 horas de absorción de agua.

Tratamientos comparados	Diferencias	Rango	Duncan	Significancia
2 - 1	15.13	4	7.64	*
2 - 4	13.85	3	6.86	*
2 - 3	13.48	2	5.60	*
3 - 1	1.65	3	6.86	N.S.
3 - 4	0.37	2	5.60	N.S.
4 - 1	1.28	2	5.60	N.S.

Frijol negro almacenado durante 6 meses, a las 4 horas de absorción de agua.

Tratamientos comparados	Diferencias	Rango	Duncan	Significancia
2 - 1	9.3	4	7.81	*
2 - 3	7.18	3	7.01	*
2 - 4	6.93	2	5.72	*
4 - 1	2.73	3	7.01	N.S.
4 - 3	0.25	2	5.72	N.S.
3 - 1	2.12	2	5.72	N.S.

Frijol negro almacenado durante 4 meses a las 4 horas de absorción de agua.

Tratamientos comparados	Diferencias	Rango	Duncan	Significancia.
2 - 4	6.13	4	4.78	*
2 - 3	6.07	3	4.29	*
2 - 1	3.37	2	3.51	N.S.
1 - 4	2.76	3	4.29	N.S.
1 - 3	2.70	2	3.51	N.S.
3 - 4	0.06	2	3.51	N.S.

Frijol blanco almacenado durante 4 meses a las 4 horas de absorción de agua.

Tratamientos comparados	Diferencias	Rango	Duncan	Significancia.
2 - 3	24.62	4	8.02	*
2 - 1	23.89	3	7.20	*
2 - 4	22.94	2	5.88	*
4 - 3	1.68	3	7.20	N.S.
4 - 1	0.95	2	5.88	N.S.
1 - 3	0.73	2	5.88	N.S.

CUADRO 8

Resumen de pruebas de "t".
Estas pruebas se refieren al experimento efectuado para determinar la permeabilidad al agua de las diferentes regiones de la testa de la semilla de frijol.

$t_{0.05}$ con 6 G.L. = 2.44.

Comparación	Posición	Tiempo Horas.	t_c	Significancia
Frijol Blanco 4 Vrs. 6 meses de almacenamiento.	1	2	6.80	*
" " "	2	2	3.24	*
" " "	3	2	6.07	*
" " "	4	2	5.37	*
Frijol Negro 4 Vrs. 6 meses de almacenamiento.	1	2	0.18	N.S.
" " "	2	2	2.40	N.S.
" " "	3	2	0.90	N.S.
" " "	4	2	1.49	N.S.
Frijol Blanco vrs. Frijol Negro 4 meses de almacenamiento.	1	2	2.08	N.S.
" " "	2	2	4.00	*
" " "	3	2	5.46	*
" " "	4	2	2.56	*
Frijol Blanco vrs. Frijol Negro 6 meses de almacenamiento.	1	2	0.14	N.S.
" " "	2	2	4.35	*
" " "	3	2	0.42	N.S.
" " "	4	2	0.06	N.S.
Frijol Blanco 4 vrs. 6 meses de almacenamiento.	1	4	2.90	*
" " "	2	4	1.35	N.S.
" " "	3	4	3.03	*
" " "	4	4	1.83	N.S.
Frijol Negro 4 vrs. 6 meses de almacenamiento.	1	4	1.53	N.S.
" " "	2	4	1.24	N.S.
" " "	3	4	0.84	N.S.
" " "	4	4	1.15	N.S.

Continuación del Cuadro 8

Frijol Blanco vrs. Frijol Negro 4 meses de almacenamiento.	1	4	2.82	*
" " "	2	4	4.23	*
" " "	3	4	2.34	N.S.
" " "	4	4	0.99	N.S.
Frijol Blanco vrs. Frijol Negro 6 meses de almacenamiento.	1	4	0.03	N.S.
" " "	2	4	1.46	N.S.
" " "	3	4	0.17	N.S.
" " "	4	4	0.52	N.S.

CUADRO 9

Resumen de Pruebas de "t".

Estas pruebas se refieren al experimento efectuado para cuantificar la absorción de agua por la semilla de frijol.

t_t 0.05 con 6 G.L. = 2.44.

Comparación	Horas de Remojo	t_c	Significancia
Frijol Blanco 4 vrs. 6 meses de almacenamiento.	2	7.79	*
Frijol Blanco 4 vrs. 6 meses de almacenamiento.	4	6.76	*
Frijol Negro 4 vrs. 6 meses de almacenamiento.	2	0.78	N.S.
Frijol Negro 4 vrs. 6 meses de almacenamiento.	4	0.02	N.S.
Frijol Blanco vrs. Frijol Negro 4 meses de almacenamiento.	2	0.36	N.S.
Frijol Blanco vrs. Frijol Negro 4 meses de almacenamiento.	4	1.27	N.S.
Frijol Blanco vrs. Frijol Negro 6 meses de almacenamiento.	2	5.76	*
Frijol Blanco vrs. Frijol Negro 6 meses de almacenamiento.	4	4.10	*

CUADRO 10

Aumento en el peso debido a la absorción de agua por diferentes regiones de la testa de la semilla de frijol blanco y frijol negro almacenados durante 4 meses.

FRIJOL TIEMPO POSICIÓN REPETICIONES (PESO EN Grs/25 Sem.)
(Hrs.) /1 I II III IV $\bar{X}$

Blanco	0.0	1	6.4192	6.5446	6.6132	5.9581	6.38
		2	6.5369	6.7873	6.2481	6.3686	6.48
		3	6.7296	7.0018	6.4592	6.4204	6.65
		4	6.5729	6.5060	6.3791	6.5724	6.50
	2.0	1	6.5248	6.7072	6.7903	6.0570	6.51
		2	7.0410	7.5368	7.1547	7.4518	7.29
		3	6.8063	7.0676	6.5952	6.4950	6.74
		4	6.6841	6.6392	6.5150	6.7501	6.64
	4.0	1	6.7278	6.9800	7.0578	6.3744	6.78
		2	8.4612	9.2155	8.9057	9.8589	9.11
		3	6.9620	7.2222	6.8203	6.8680	6.96
		4	6.8856	6.9093	6.8040	7.3246	6.98
Negro	0.0	1	4.5496	4.7321	4.4338	4.3282	4.51
		2	5.1540	4.7717	4.3298	4.6235	4.71
		3	5.2932	4.7000	4.4976	4.6169	4.77
		4	5.1455	5.1951	4.5057	4.8837	4.93
	2.0	1	4.6590	5.2333	4.6736	4.5289	4.77
		2	5.3301	4.8932	4.5036	4.8925	4.90
		3	5.6483	5.0000	4.7795	4.7773	5.05
		4	5.3449	5.4231	4.8055	5.0105	5.14
	4.0	1	5.1730	5.5354	4.9500	5.0922	5.18
		2	6.0160	5.3730	5.0200	5.5904	5.49
		3	6.0763	5.2022	5.0564	5.1260	5.36
		4	5.7220	5.6871	5.0880	5.3617	5.46

/1 Posición 1: Hilum hacia arriba.

Posición 2: Hilum hacia abajo.

Posición 3: Hilum hacia el lado derecho.

Posición 4: Hilum hacia el lado izquierdo.

CUADRO 11

Aumento en el peso debido a la absorción de agua por diferentes regiones de la testa de la semilla de frijol blanco y frijol negro almacenados durante 6 meses.

FRIJOL	TIEMPO (Hrs.)	POSICION /1	REPETICIONES		(PESO EN Grs/25 Sem.)		
			I	II	III	IV	$\bar{X}$
Blanco	0.0	1	7.0447	6.6507	6.6441	6.4720	6.70
		2	6.7245	6.6318	7.1386	7.0499	6.88
		3	7.0543	6.8563	6.3017	6.8358	6.76
		4	6.9396	6.9591	6.2370	6.9460	6.77
	2.0	1	7.3689	7.0124	7.0586	6.7787	7.05
		2	7.8263	8.7201	9.4832	8.8116	8.71
		3	7.4399	7.3868	6.8348	7.1856	7.21
		4	7.3611	7.3730	6.7700	7.2955	7.19
	4.0	1	7.7544	7.4000	7.4440	7.3335	7.48
		2	8.7753	10.1715	10.9177	10.9341	10.19
		3	7.8948	7.9281	7.2315	7.9826	7.75
		4	7.8498	7.8591	7.2208	7.9592	7.72
Negro	0.0	1	4.9706	4.6943	4.7260	5.1537	4.88
		2	4.9740	4.6033	4.6564	4.7710	4.75
		3	4.7869	4.8213	4.5967	4.5304	4.68
		4	4.9874	4.8316	4.7550	5.2320	4.95
	2.0	1	5.1411	4.9036	5.0087	5.5522	5.15
		2	5.1887	4.9180	5.1943	5.2945	5.14
		3	4.9917	5.0401	5.0260	5.0834	5.03
		4	5.1700	5.1409	5.1505	5.5930	5.26
	4.0	1	5.3991	5.1664	5.3876	5.9000	5.46
		2	5.7144	5.5589	6.1756	6.1146	5.89
		3	5.3086	5.3207	5.3280	5.7644	5.43
		4	5.4288	5.5363	5.5075	6.3338	5.70

CUADRO 12

Aumento en el peso debido a la absorción de agua de las semillas de frijol blanco y frijol negro almacenados durante 4 meses, a las 2 y 4 horas de remojo.

FRIJOL	TIEMPO (Hrs.)	REPETICIONES		(PESO EN Grs./25 Semillas)		
		I	II	III	IV	$\bar{X}$
Blanco	0.0	6.3049	7.0211	6.7458	6.3322	6.60
	2.0	8.4583	9.0747	9.3771	9.3147	9.05
	4.0	11.4145	12.0778	11.9463	11.3025	11.68
Negro	0.0	4.9286	4.9686	4.8839	4.5957	4.84
	2.0	6.9716	6.6014	6.1095	6.5262	6.55
	4.0	8.8072	8.5419	7.4658	8.0884	8.22

CUADRO 13

Aumento en el peso debido a la absorción de agua de las semillas de frijol blanco y frijol negro almacenados durante 6 meses, a las 2 y 4 horas de remojo.

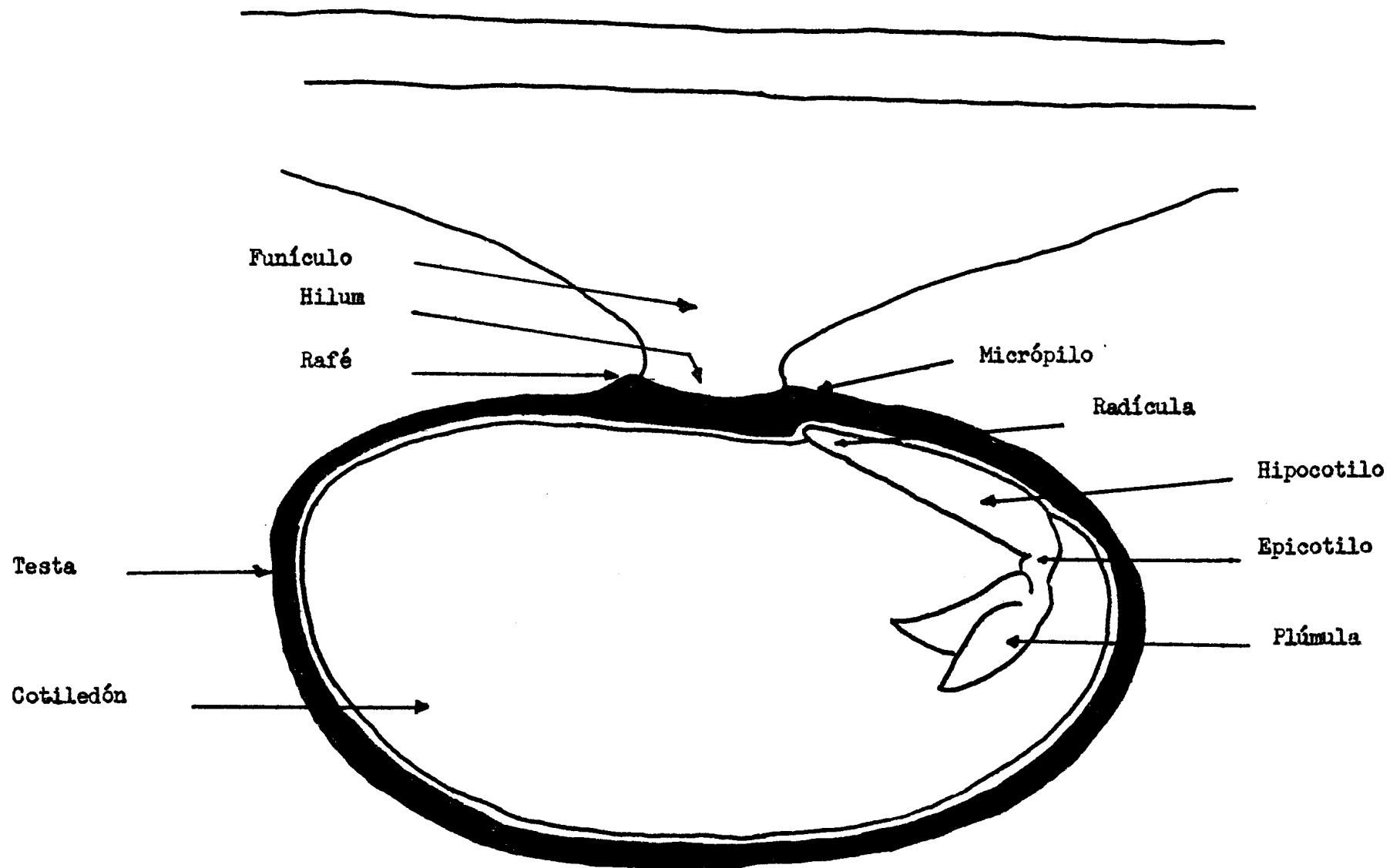
FRIJOL	TIEMPO (Hrs.)	REPETICIONES		(PESO EN Grs./25 Semillas)		
		I	II	III	IV	$\bar{X}$
Blanco	0.0	6.4029	7.1752	6.7896	6.4512	6.70
	2.0	10.8897	12.2951	11.2164	10.8775	11.31
	4.0	11.8172	13.3858	12.4300	12.0523	12.42
Negro	0.0	4.9223	4.7053	4.8700	5.1323	4.90
	2.0	5.5131	5.8922	6.7123	7.2810	6.34
	4.0	6.9915	8.0717	8.0160	9.0516	8.03

CUADRO 14

Aumento en el peso debido a la absorción de agua de las semillas de frijol blanco y frijol negro en un período de 24 horas consecutivas.

Frijol	Horas remojo	I	II	III	IV	- X
Blanco	0.0	6.6249	6.9634	6.9274	6.4070	6.73
	2.0	11.5468	11.8566	11.5880	10.4831	11.36
	4.0	12.3457	12.8543	12.6384	11.7210	12.38
	6.0	12.6575	13.1920	13.0180	12.0624	12.73
	8.0	12.8291	13.3853	13.2290	12.2286	12.91
	10.0	12.9063	13.4752	13.3384	12.3442	13.01
	12.0	12.9885	13.5882	13.4070	12.4187	13.10
	14.0	13.0208	13.6000	13.4925	12.4430	13.13
	16.0	13.0610	13.6820	13.5630	12.5569	13.21
	18.0	13.1034	13.7045	13.6340	12.5942	13.25
	20.0	13.1295	13.7554	13.6462	12.6408	13.29
	22.0	13.2000	13.7935	13.6688	12.6676	13.33
	24.0	13.2318	13.8504	13.7189	12.7020	13.37
Negro	0.0	4.8392	4.7026	4.9135	4.9215	4.84
	2.0	5.5280	6.1241	5.7308	5.8230	5.80
	4.0	7.2359	7.6215	7.0272	7.6188	7.37
	6.0	8.6296	8.7910	8.2376	8.8137	8.61
	8.0	9.3280	9.3129	9.6289	9.9391	9.55
	10.0	9.5691	9.5096	9.8667	10.1722	9.77
	12.0	9.7416	9.6551	10.0610	10.3137	9.94
	14.0	9.8000	9.7040	10.1202	10.4212	10.01
	16.0	9.9052	9.7552	10.1794	10.4950	10.08

Frijol	Horas remojo	I	II	III	IV	- X
Negro	18.0	9.9269	9.8160	10.2452	10. 590	10.14
	20.0	10.0161	9.8719	10.3116	10.6547	10.21
	22.0	10.0900	9.9332	10.3500	10.6549	10.25
	24.0	10.1750	10.0200	10.4132	10.7497	10.33



Morfología de una semilla madura de Frijol.
Tomado de: Martínez, Romeo. "Studies on Cessation
of Pod Growth and Development in Dry Beans (*Pha-
seolus vulgaris* L.)". Thesis, Master of Science.
Cornell University. 1971.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



ACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1543

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto

"IMPRIMASE"

DR. ANTONIO A. SANDOVAL S.
D E C A N O



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central
Sección de Tesis