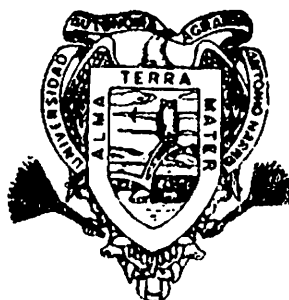


EVALUACION DE SUBSTRATOS Y CAMARA DE
GERMINACION EN LA PRUEBA ESTANDAR
EN SEMILLA DE SORGO
(Sorghum bicolor L. Moench)

LEOPOLDO RIVERA ZAVALA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

JUNIO DE 1991

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular
de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar
al grado de

MAESTRO EN CIENCIAS
EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS

COMITE PARTICULAR

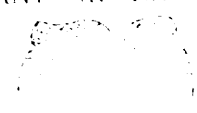
Asesor principal: *Leticia A. Bustamante*
M.S. Leticia A. Bustamante García

Asesor:

J. Ortega
Dr. Jesús Ortega Pérez

Asesor:

Emilio Padrón
M.C. Emilio Padrón Corral

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NAPO" 

J. Manuel Brondo
Dr. José Manuel Fernández Brondo
Subdirector de Asuntos de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Junio de 1991

DEDICATORIA

A mi padre Dios por su amor infinito.

A mis Padres:

Leopoldo (†): siempre quisiste que fuera algo
para el campo.

Delfina: con mucho cariño.

A mis hermanos:

Juana María	María Isabel
Rosio	Pedro
Salvador	Israel
Luz María	

Con amor a María Dolores Salazar J.

A los campesinos temporaleros de San Luis de la Paz Gto. y
de las zonas áridas.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por apoyar económicamente el desarrollo de mis estudios de maestría.

A la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" (UAAAN) por formarme en su seno como Agrónomo y Tecnólogo en Semillas.

A la M. S. Leticia A. Bustamante G. por su gran amistad y esfuerzo para dirigir acertadamente mi programa de estudios y el presente trabajo. Su labor de servicio es muy grande, que Dios se lo pague.

Al Dr. Jesús Ortegón P. por su gran disponibilidad para la revisión de la presente tesis.

Al M. C. Emilio Padrón Corral por su colaboración en la dirección del análisis estadístico de este trabajo.

A todo el personal del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS), por su gran

esfuerzo y dedicación en la formación de recursos humanos en esta importante área.

A la Dra. Diana Jasso de Rodriguez y la M. C. Rosalinda Mendoza Villarreal por apoyar y dirigir los diferentes análisis químicos de este trabajo.

A los prestadores de Servicio Social: Ing Octavio Ortega, Ing. Juan Martin Gonzalez, y Lourdes Mata S. que gracias a su apoyo decidido y con su esfuerzo, hicieron posible el desarrollo de la fase experimental.

A los laboratoristas: Carmen Julia García , Sandra Luz García, Martha Jaramillo y Javier Sanchez por apoyar de diversas formas y desinteresadamente la presente investigación.

A las familias: Facundo Ortiz y Ortiz Zavala por su hospitalidad y cariño brindado.

A todos mis amigos porque su amistad fue parte esencial par lograr esta meta.

COMPENDIO

Evaluación de Substratos y Cámara de Germinación en la Prueba Estandar en Semilla de Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench).

POR

LEOPOLDO RIVERA ZAVALA

MAESTRIA EN
TECNOLOGIA DE SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JUNIO, 1991.

M. S. Leticia A. Bustamante G. -Asesor-

Palabras clave: substrato papel, cámara germinadora, germinación.

Con el fin de determinar la confiabilidad de siete papeles nacionales y dos recomendados de importación en la prueba de germinación estandar, así como la confiabilidad de dos cámaras germinadoras, una de alta capacidad, temperaturas alternas y luz artificial, y otra de baja capacidad, temperatura constante y luz natural, se realizó la prueba de germinación estandar en siete lotes de semilla de sorgo de diferente calidad, evaluandose variables de

germinación así como características de manejo y químicas de los papeles.

Los resultados indican que el porcentaje de germinación sí es afectado por el tipo de papel utilizado, siendo los mejores papeles el Anchor delgado (de importación) y los nacionales Delgado de rollo y U. S. Sanitary, afectando a la germinación el Sanisol, Sanita doble y Rollo grueso. Siendo el efecto de cámaras sobre la humedad durante la prueba, la que dependió del tipo de papel utilizado, así los papeles de textura gruesa mostraron exceso de humedad en la cámara de baja capacidad, mientras que los papeles de textura ligera tuvieron estrés de humedad en la cámara de alta capacidad.

ABSTRACT

Paper Substrates and Germination Cabinet in the Standard Germination Test in Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench.) Seed Lots.

BY

LEOPOLDO RIVERA ZAVALA

MASTER OF SCIENCE

SEED TECHNOLOGY

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, JUNE, 1991

M. Sc. Leticia A. Bustamante G. -Advisor-

Key words: paper substrates, germination cabinet, germination test.

In order to determine the feasibility of different paper substrates and two different germination cabinets in the standard germination test, seven sorghum seed lots were assessed in germination testing, where germination variables were determined as well as different manage and chemical characteristics of the paper substrates.

Results indicate that the percentage of germination was affected by the kind of paper where the Anchor regular weight (imported) and the Rolled regular weight and U. S. Sanitary (both national made) gave the best results while the Sanisol, Double towell and Rolled heavy weight affected germination capacity.

The effect of both cabinets was shown upon paper moisture maintenance, which was dependant on the kind of paper, heavy weight papers had moisture excess in the low capacity cabinet while regular weight papers had moisture stress in the high capacity cabinet.

The Anchor regular weight gave reproducibility results in both cabinets.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	5
Germinación de Semillas.....	5
Generalidades.....	5
Definición y Descripción del Proceso.....	5
Requerimientos para la germinación.....	7
Condiciones Ambientales.....	7
Ensayo de Germinación.....	16
Generalidades.....	16
Condiciones de la Prueba.....	19
MATERIALES Y METODOS.....	30
Ubicación del Sitio Experimental.....	30
Material Experimental.....	30
Substratos de Papel.....	30
Semilla.....	31
Cámaras.....	31
Variables Evaluadas.....	32
Desarrollo de las pruebas.....	33
Forma de Uso de los Substratos..	33
Prueba de Germinación.....	36
Análisis Estadístico.....	46
RESULTADOS Y DISCUSION.....	50
Prueba de Germinación.....	50
Emergencia en Campo e Invernadero.....	73
Características de Manejo.....	75
Características Químicas.....	80
Correlación de Variables.....	85
CONCLUSIONES.....	91
RESUMEN.....	93
LITERATURA CITADA.....	95
APENDICE.....	100

INDICE DE CUADROS

Cuadros		Página
3.1	Substratos de papel utilizados.....	31
3.2	Grado de sanidad de los substratos de acuerdo a la presencia de hongos durante la prueba.....	45
4.1	Significancias de las variables: plántulas normales y anormales, semillas muertas y peso seco en el experimento I.....	51
4.2	Significancias de las variables: peso fresco de vástago, peso fresco de raíz, peso fresco de plántula y semillas infectadas en el experimento I.	51
4.3	Significancias de las variables: plántulas normales y anormales, semillas muertas y peso seco de plántulas en el experimento II.....	52
4.4	Significancias de las variables: peso fresco de vástago, peso fresco de raíz, peso fresco de vástago y semillas infectadas en el experimento II.....	52
4.5	Comparación de medias del factor cámaras para las variables: raíces atravesando el papel y peso fresco de vástago, raíz y plántula (Experimento I).....	57
4.6	Comparación de medias del factor cámaras para las variables: Plántulas anormales, semillas muertas, vástagos atravesando el papel y peso seco de plántulas (Experimento II).....	57
4.7	Comparación de medias del factor cámaras para las variables: peso fresco de vástago, peso fresco de raíz y peso fresco de plántula y semillas infectadas (Experimento II).....	57

4.8	Comparación de medias del factor substratos para las variables: plántulas normales y anormales, semillas muertas y peso seco de plántulas (Experimento I)	60
4.9	Comparación de medias del factor substratos para las variables: peso fresco de vástago, peso fresco de raíz y peso fresco de plántula y semillas infectadas (Experimento I).....	60
4.10	Comparación de medias del factor substratos para las variables: plántulas normales y anormales, semillas muertas y peso seco de plántulas (Experimento II).	61
4.11	Comparación de medias del factor substratos para las variables: peso fresco de vástago, peso fresco de raíz, peso fresco de plántula y de semillas infectadas (Experimento II).....	61
4.12	Significancias de las plántulas normales obtenidas en los diez substratos de papel en las cámaras grande y chica y emergencia en arena y suelo.....	74
4.13	Comparación de medias resultantes de los diez substratos de papel con la emergencia en arena y suelo.....	74
4.14	Comparación de medias de algunas características físicas y de manejo de los diez substratos de papel usados en la prueba de germinación.	77
4.15	Comparación de medias de algunas características químicas de los substratos de papel usados en la prueba de germinación	77
4.16	Comparación de medias de las variables: reuso (% de semillas infectadas) y gasto de agua durante la prueba en el factor cámaras.....	79
4.17	Comparación de medias de las variables: reuso (% de semillas infectadas) y gasto de agua durante la prueba en el factor substratos.....	79

4.18	Cuadrados medios de las variables: plántulas normales vigorosas, poco vigorosas y totales obtenidas durante la prueba de toxicidad de substratos de papel.....	83
4.19	Cuadrados medios de las variables: plántulas anormales, semillas muertas y del grado de infección obtenidas durante la prueba de toxicidad de substratos de papel.....	83
4.20	Comparación de medias de las variables: plántulas normales vigorosas, poco vigorosas y totales obtenidas durante la prueba de toxicidad de substratos de papel.....	84
4.21	Comparación de medias de las variables: semillas muertas y grado de infección obtenidas durante la prueba de toxicidad de substratos de papel.....	84
4.22	Asociaciones significativas y altamente significativas de las variables estudiadas en los substratos de papel durante la prueba de germinación.....	86

INDICE DE FIGURAS

Figuras	página
4.1 Plántulas normales obtenidas en la prueba de germinación de semilla de sorgo en diez substratos de papel colocados en dos cámaras germinadoras (Experimento I).....	54
4.2 Plántulas normales obtenidas en la prueba de germinación de semilla de sorgo en diez substratos de papel colocados en dos cámaras germinadoras (Experimento II).....	55
4.3 Peso fresco de raíz obtenido en la prueba de germinación de semilla de sorgo en diez substratos de papel colocados en dos cámaras germinadoras (Experimento I)	64
4.4 Peso fresco de raíz obtenido en la prueba de germinación de semilla de sorgo en diez substratos de papel colocados en dos cámaras germinadoras (Experimento II).....	65
4.5 Peso fresco de plántula obtenido en la prueba de germinación de semilla de sorgo en diez substratos de papel colocados en dos cámaras germinadoras (Experimento I).....	67
4.6 Peso fresco de plántula obtenido en la prueba de germinación de semilla de sorgo en diez substratos de papel colocados en dos cámaras germinadoras (Experimento II).....	68
4.7 Peso seco de plántulas obtenido en la prueba de germinación de semilla de sorgo en diez substratos de papel colocados en dos cámaras germinadoras (Experimento I).....	71

4.8 Peso seco de plántulas obtenido en la prueba de germinación de semilla de sorgo en diez substratos de papel colocados en dos cámaras germinadoras (Experimento II).....

72

INTRODUCCION

Dentro de las medidas de control y aseguramiento de calidad de semillas, la industria semillera da cada día mayor importancia al análisis o ensayo de lotes de semilla, permitiendo las pruebas de laboratorio conocer la utilidad de estos para ser usados en la siembra, lo cual orienta y hace más eficiente el manejo de los mismos. De aquí que en la producción de semillas de alta calidad el análisis de semillas es una herramienta fundamental, en donde la prueba de germinación estandar es el principal criterio para evaluar y garantizar la calidad de los lotes para el atributo de viabilidad.

La capacidad de germinación bajo condiciones favorables es el principal atributo de calidad fisiológica, en el que el organismo certificador nacional se basa para permitir la movilización y comercio de semillas certificadas. Sin embargo, a pesar de la adopción rutinaria de esta prueba en los laboratorios de semillas, los resultados entre y dentro laboratorios presentan en muchos casos variación, debido en gran parte a la divergencia en materiales utilizados y metodologías seguidas en la prueba estandar. Por lo que la estandarización de la prueba se ha

buscado mediante las Reglas de Análisis de Semillas de la International Seed Testing Association (ISTA, 1985), donde se prescriben principios a seguir para obtener resultados uniformes y confiables.

No obstante que las recomendaciones de la ISTA son seguidas en la mayoría de los laboratorios de nuestro país, principalmente en cuanto a condiciones de humedad y temperatura, con frecuencia se hace difícil seguir con exactitud dichas recomendaciones por carecerse de los materiales prescritos como sustrato, o por la diversidad del equipo para germinación con que cuentan estos laboratorios, donde las condiciones de humedad, temperatura, luz, etc. durante la prueba, varían dentro y entre laboratorios.

El gran número de laboratorios distribuidos en el país tanto del sector privado como oficial, presentan diversidad en el tipo de sustrato utilizado, principalmente el papel prescrito recomendado en las Reglas; siendo para muchos laboratorios principalmente del centro y sur del país, difícil la adopción de este papel como rutina por su costo y dificultad de importación, siendo así que un buen número de laboratorios nacionales utilizan en la prueba, una toalla secante de uso común en actividades de limpieza, o un papel secante de rollo de tipo similar y cuya confiabilidad ha estado basada únicamente en las germinaciones esperadas y encontradas en

lotes de semilla. Sin embargo, se desconoce si dichos papeles cuando se utilizan como substrato en el ensayo, proporcionan las condiciones óptimas para que el proceso de germinación ocurra y las semillas expresen su máximo potencial real; o si por el contrario el ambiente formado influye negativamente y por lo tanto, los resultados obtenidos no representan el potencial germinativo del lote a evaluar.

Teniendo pues, diversidad en el uso del papel en nuestros laboratorios para la prueba estándar y considerando que la calidad de los papeles nacionales que se han usado ha sido cada día menor, así como la utilización de diversos tipos de cámaras como fuente de temperatura y, por lo tanto, condiciones de la prueba, se hace necesario evaluar los tipos de papel utilizados, así como el equipo disponible y determinar la confiabilidad de estos; teniendo el presente trabajo los objetivos siguientes:

1. Determinar entre los diferentes papeles utilizados, el más adecuado para substrato de germinación en la prueba estándar.
2. Determinar la confiabilidad de las condiciones para germinación obtenidas en dos cámaras de diferente capacidad y operación.

3. Determinar el grado de reproducibilidad de los substratos sobresalientes, así como de las condiciones de las cámaras utilizadas.

Habiendose planteado las siguientes hipótesis:

1. Algunos papeles de origen nacional permiten obtener resultados confiables de germinación, al igual que los obtenidos con el papel importado recomendado, bajo un manejo y cuidados especiales.
2. Los resultados que se obtienen en una estufa de baja capacidad a temperatura constante, son tan confiables como aquellos obtenidos en estufa de alta capacidad y temperaturas alternas.
3. En las cámaras utilizadas y bajo las condiciones seleccionadas es factible obtener resultados reproducibles.

REVISION DE LITERATURA

Germinación de Semillas

Generalidades

La semilla es un paquete de energía y de información, siendo el estado mínimo de entropía en el ciclo de las angiospermas y gimnospermas (Berlyn, 1972), y por el papel que juegan como unidad de reproducción, forma de supervivencia de las especies vegetales y por ser esenciales en el establecimiento de cultivos, es fundamental entender el proceso de germinación de las semillas para obtener la producción máxima de los cultivos, especialmente ahora que existe un gran desbalance entre producción de alimentos y crecimiento demográfico (Copeland y McDonald, 1976).

Definición y Descripción del Proceso

Varias definiciones sobre germinación de semillas han sido propuestas, siendo de gran importancia entender sus distinciones; donde los Botánicos la definen como la emergencia de la radícula a través de la cubierta de la

semilla (Bidwell, 1979); también Berlyn (1972) la define como una serie secuencial de eventos morfogénéticos, que resultan de la transformación del embrión en una plántula; en donde se involucra división y expansión celular y la formación de órganos como hojas, tallos y raíces. Sin embargo Para los Analistas de Semillas la Association of Official Seed Analysts (AOSA, 1978) define la germinación como la emergencia y desarrollo a partir del embrión de aquellas estructuras esenciales, que por la clase de semilla son indicadoras de la habilidad para producir una planta normal bajo condiciones favorables .

el proceso de germinación presenta-en secuencia las etapas de imbibición, hidratación de enzimas hidrolíticas y sintéticas, división y alargamiento celular, presión de la radícula o la plúmula sobre el tegumento y su emergencia a través de éste (Sivori et al. 1980).

Al respecto Ching (1972) menciona que durante la imbibición el proceso es meramente físico y que durante la formación de los sistemas enzimáticos, la semilla desarrolla los sistemas metabólicos necesarios para crecer, iniciándose la síntesis de proteínas y ARN. Además menciona que primeramente se da el crecimiento de la radícula y en seguida el de la plántula.

Requerimientos Para la Germinación

Knapp (1988) cita algunos factores que afectan la germinación de la semilla y el desarrollo de la plántula tales como: especie, variedad, madurez de la semilla y el medio ambiente. Asimismo Sivori et al. (1980) enumeran todos aquellos factores tanto intrínsecos como extrínsecos que regulan la germinación los cuales son: temperatura, luz, relaciones hídricas, características de los tegumentos, composición de la fase gaseosa, factores químicos exógenos y endógenos así como la viabilidad.

Condiciones Ambientales

Para que una semilla germine debe colocarse bajo condiciones ambientales favorables para este proceso, así Mayer y Poljakoff-Mayber (1986) mencionan que las condiciones requeridas son: un adecuado suplemento de agua, una adecuada temperatura y composición gaseosa en la atmósfera, así como luz para ciertas especies; también mencionan que los requerimientos de estas condiciones varían de acuerdo a la especie y variedad.

Relaciones Hídricas

El agua es un elemento básico para la germinación de las semillas; es esencial para la acción de las enzimas, lo cual hace posible la descomposición,

translocación y empleo del material de reserva (Copeland y McDonald, 1976).

La mayoría de las especies presentan un patrón trifásico de captación de agua durante la germinación, el cual consiste en una fase I donde se presenta un rápido incremento de agua en la semilla, debido a las fuerzas mátricas de sus componentes; una fase II, en la cual no se produce ningún incremento significativo en el contenido de agua; al respecto Simon (1984) y Koller (1972) mencionan que durante este período también denominado fase lag, existe gran actividad caracterizada por reacciones enzimáticas que preparan el nivel de metabolismo para el eventual evento de germinación; y la fase III de relativo rápido incremento de captación de agua, debido a fuerzas osmóticas de los componentes activos de las células, y es en esta fase donde se da la elongación y división celular, provocando la ruptura del tegumento y la emergencia de las estructuras embrionarias (Knapp, 1988).

El primer proceso que ocurre durante la germinación es pues la absorción de agua por la semilla, al cual se le denomina imbibición, en donde el movimiento del agua se realiza mediante un gradiente de difusión, el cual está determinado por la composición química de la semilla, la permeabilidad de la cubierta y la disponibilidad de agua en el ambiente de germinación (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1986). En complemento a lo anterior Knapp (1988) menciona

que la temperatura, la superficie de la semilla que está en contacto con el agua y la diferencia en el potencial hídrico existente entre la semilla y el ambiente, determinan también el índice de captación de agua.

La habilidad para imbibir agua depende del potencial hídrico de la célula, el cual está constituido por tres fuerzas: el potencial mátrico generado por los coloides hidrófilos y es siempre negativo; el potencial osmótico generado por la concentración de los componentes solubles en la célula y generalmente es negativo; y la fuerza de presión de turgencia debida a la cantidad de agua que entra y sale de la célula (Copeland y McDonald, 1976).

Las proteínas y los polipéptidos son coloides hidrófilos dotados de una gran atracción para el agua, asimismo, los glúcidos como la celulosa y el almidón retienen fuertemente el agua. La absorción de agua por la superficie de estos coloides es de importancia básica en los procesos de imbibición, debido a que por la presencia de materiales que absorben agua el potencial hídrico de un sistema biológico como el de las semillas en germinación es netamente negativo (Devlin, 1980). El mismo autor menciona que la adición de un soluto al agua pura rebaja su presión de difusión, lo cual produce un gradiente de presión de difusión entre el agua de la disolución y la sustancia que se imbibie, y que es menos pronunciado que el gradiente que existiría si la misma sustancia estuviera sumergida en agua

pura, donde una disminución de este gradiente redundará en una disminución de la velocidad de imbibición y de la cantidad de agua absorbida.

La composición del medio de germinación influye en el grado de imbibición por la disponibilidad de agua que presenta, en donde un incremento de solutos en la solución, ocasiona un decremento en la cantidad de agua de imbibición (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1986).

La temperatura del medio no afecta el volumen final de agua imbibida por la semilla, pero tiene un claro efecto sobre su velocidad de imbibición, en donde un incremento en la temperatura se traduce en una rápida absorción de agua (Gulliver y Heydecker, 1973).

Al evaluar el comportamiento de cuatro variedades de sorgo colocadas en cuatro soluciones para germinación con diferente tensión de humedad, Evans y Stickler (1961) encontraron en las tensiones de 0, 5, 10, y 15 atm valores de germinación de 94, 92, 79, y 61 por ciento respectivamente, concluyendo que la germinación de la semilla de sorgo decrece progresivamente al incrementarse la tensión de humedad en el medio.

Asimismo Dubeck y Peacock (1985) al estudiar el comportamiento de la germinación de semillas de *Lolium perenne* L. colocadas en soluciones salinas, encontraron

que el grado de concentración no afectó el total de germinación pero sí su velocidad; en donde a los cuatro días de la siembra se presentaron germinaciones de 82, 79, 72, 57, 46 y 29 por ciento, para las concentraciones de 0, 2000, 4000, 6000, 8000 y 10000 ppm de sal respectivamente.

Igualmente Man Sing y Heydecker (1964) encontraron que el potencial osmótico de diversas soluciones influyó sobre la germinación de semilla de chícharo, al afectar el gradiente de permeabilidad de la testa y como tal el paso de agua al embrión. La germinación al utilizar agua destilada fue del 100 por ciento en un lapso de cinco días; sin embargo, cuando la tensión fue de 15 atm la germinación se redujo a 14 por ciento y se retardó hasta 26 días, mientras que a 0.1 atm no se presentó reducción en el total de germinación solamente la retrasó, durando hasta 23 días.

Temperatura

La germinación de las semillas es un proceso complejo en el que intervienen reacciones y procesos individuales, cada uno de los cuales es afectado por la temperatura. Dicho efecto puede expresarse en términos de temperaturas cardinales, es decir, la temperatura mínima, óptima, y máxima; en donde la temperatura óptima será aquella en donde se obtenga el más alto porcentaje de germinación en el menor tiempo, la mínima y la máxima es la temperatura abajo y arriba de la cual la semilla ya no

germina (Lovato, 1981; y Copeland y McDonald, 1976). Estos mismos autores mencionan que la respuesta de las semillas a la temperatura depende de la especie, variedad genotipo, región donde se cultiva, grado de madurez y de las condiciones fisiológicas de la semilla.

Cada especie exhibe su rango de temperatura óptima, mínima y máxima, pero en términos generales las semillas de cultivos trópicos presentan temperaturas mínimas relativamente altas (Bewley y Black, 1982), mencionando que existe activación de energía en la semilla cuando las temperaturas son altas; sin embargo, si el incremento es tal, se produce la desnaturalización de las proteínas.

El rango de temperatura óptima para la mayoría de las semillas, se encuentra entre 15 - 30°C y el de su máxima de 35 - 40°C. Algunas especies de flores ornamentales, plantas alpinas o rocosas, germinan a temperaturas cercanas al punto de congelación (Knapp, 1988).

La semilla de sorgo (*Sorghum bicolor* L) quedaría dentro de las especies tropicales o de clima caliente. Su germinación ocurre en el rango de temperatura de 15 - 30°C con un óptimo de 22°C (Aisien y Ghosh, 1978). Respondiendo mejor a temperaturas arriba de 25°C, esto es apoyado por Evans y Stickler (1961) quienes al germinar semilla de sorgo de la variedad RS-608 en dos diferentes condiciones

de temperatura: una óptima de 27°C y una subóptima de 17°C; encontraron porcentajes de germinación más altos en la temperatura de 27°C durante los dos primeros días, sin embargo, a los cuatro y cinco días el total de germinación fue ligeramente superior en la temperatura subóptima. Asimismo la longitud de la plúmula y de la radícula resultaron significativamente mayores a 27°C que a 17°C.

Pudiéndose considerar el rango de temperaturas similar a la requerida para la germinación de semilla de maíz, teniéndose referencia de que la temperatura óptima de germinación para este cultivo es de 26 - 29°C; y que a temperaturas menores de 10°C y superiores a 35°C disminuye su velocidad; a tal grado que a temperaturas superiores a 39°C se impide la germinación (Riley 1981). Este mismo autor menciona que la más alta actividad enzimática para la síntesis de proteínas durante la germinación en el maíz se presentó a los 28°C, mientras que a 41°C dicha actividad cesó, con lo cual concluyó que el bloqueo en la síntesis de proteína por el embrión, es la causa de la pérdida de germinación en esta especie, todo esto al probar variedades de maíz de diversas áreas geográficas.

La alternancia de temperaturas durante la germinación es considerada como lo óptimo, siendo así como se prescribe en las Reglas de Análisis de Semillas (ISTA, 1985). y de acuerdo a Popinigis (1985), semillas de cultivos como: algodón, frijol, sorgo y soya presentan

mejor comportamiento de germinación cuando son colocadas bajo temperaturas alternas 20-30°C, que cuando se utilizan temperaturas constantes; mencionando que esta alternancia se debe a que se simulan fluctuaciones de temperatura que normalmente ocurren en la naturaleza.

Esto es apoyado por Gulliver y Heydecker (1973) quienes al trabajar con semilla de chícharo colocadas para germinación a diferentes temperaturas alternas y constantes, encontraron que la velocidad de germinación es más alta cuando se utilizan temperaturas alternas que cuando son constantes.

Asimismo Popinigis (1985) reporta diferencias significativas de germinación en la semilla de *Sorghum halapensis* L. obtenidas al colocarse bajo temperaturas constantes y alternas; en donde los valores de 8, 32, y 58 por ciento de plántulas normales se obtuvieron bajo temperaturas de 20, 30 y 20-30°C, respectivamente.

Composición Gaseosa de la Atmósfera

El proceso de germinación requiere un suplemento de energía obtenida a través de las reacciones oxidativas, las cuales se verán afectadas por la presencia o ausencia de oxígeno (Popinigis, 1985).

Generalmente el aire se compone aproximadamente de 20, 0.03 y 80 por ciento, de oxígeno, bióxido de carbono y nitrógeno, respectivamente; composición en la cual la mayoría de las especies germinan bien (Copeland y McDonald, 1976). Asimismo mencionan la existencia de un incremento drástico de respiración durante el proceso de germinación, y dado que la respiración es principalmente un proceso oxidativo, es de gran importancia disponer de una adecuada concentración de oxígeno; en donde concentraciones de CO₂ mayores a las de la atmósfera y cantidades menores de O₂ retardan la germinación.

La inhibición de la germinación por la insuficiencia del suplemento oxígeno, se debe a la acumulación de sustancias potencialmente tóxicas producto de la respiración anaeróbica tales como acetaldehído, etanol y ácido láctico (Bradbeer, 1988).

Luz

La mayoría de las plantas cultivadas germinan tanto en la obscuridad como en la luz, sólo ciertas especies requieren de luz, la exigencia de luminosidad para germinar está relacionada a un tipo de latencia (Popinigis, 1985).

Mayer y Poljakoff-Mayber (1986) mencionan que es indiferente el comportamiento de la germinación de las

semillas de *S. halapensis* L. cuando son colocadas bajo condiciones de luz o de oscuridad.

Ensayo de Germinación

Generalidades

El objetivo de la prueba de germinación, es obtener información con respecto al valor de las semillas para su siembra en el campo, asimismo proporciona información que permite comparar el poder germinativo de diferentes lotes de semillas (ISTA, 1985).

Esta prueba se ha aceptado y se utiliza universalmente para determinar la calidad fisiológica de un lote de semillas; por lo que este ensayo se diseñó para medir el máximo potencial de viabilidad de las semillas (Sayers, 1982).

Cuando se prueba la germinación bajo condiciones de campo, normalmente los resultados no son satisfactorios al no obtenerse confiabilidad y repetibilidad entre estos; razón por la cual los métodos de laboratorio intentan controlar todas las condiciones externas que permiten llevar una regular, rápida y completa germinación de una determinada muestra de semillas (ISTA, 1985).

Las asociaciones de análisis de semillas han dedicado mucho tiempo y esfuerzo para identificar la temperatura, luz, humedad y métodos de laboratorio que puedan proporcionar la máxima germinación de un gran número de semillas. También se han establecido criterios para evaluar las plántulas al final de un periodo establecido y así determinar si poseen las estructuras necesarias para producir plantas normales.

Como resultado de la estandarización de los procedimientos en el análisis de semillas y del establecimiento de criterios para evaluar las plántulas, se ha logrado una uniformidad en los resultados de la prueba dentro y entre laboratorios (Sayers, 1982). También ISTA (1985) menciona la factibilidad de la reproducción de resultados por la estandarización de las condiciones en donde la variación obtenida es principalmente al azar.

No obstante lo anterior los problemas de reproducibilidad de resultados dentro y entre laboratorios se presentan en diferentes magnitudes; y siendo las causas no solo las condiciones de la prueba sino también el factor humano. En este sentido Skinner y Schroeder (1978) encontraron variaciones al comparar los resultados de germinación utilizando diferentes substratos y Phannendranath (1980) menciona que una de las razones de las variaciones significativas en los resultados entre laboratorios, es la utilización inadecuada de los niveles

de humedad en los substratos. Por otro lado Knapp (1988) haciendo énfasis en el conocimiento del analista menciona que éste, además de conocer los métodos más adecuados para la germinación, debe distinguir las variaciones inducidas por la prueba y las diferencias atribuibles exclusivamente a la calidad de las semillas.

Respecto a los factores que influyen en la velocidad y el por ciento total de germinación en ensayos de germinación en cereales, Gordon (1969) cita los siguientes:

1. La temperatura de germinación.
2. La temperatura inicial del agua utilizada.
3. Los incrementos de agua.
4. La posición del embrión relativo al nivel del agua de germinación.
5. El incremento de oxígeno en el medio
6. El nivel de infección por microorganismos
7. La presencia de iones disueltos en el medio.
8. El número de semillas presente en la prueba.
9. La longitud del almacenamiento a altas temperaturas.
10. El contenido de humedad de las semillas durante el almacenamiento.

11. El contenido de humedad de las semillas al momento de realizar la prueba.

Condiciones de la Prueba

Humedad

En las Reglas de Análisis de Semillas ISTA (1976) se establecen los requerimientos de la humedad durante la prueba de germinación, donde se indica que durante todo el periodo de la prueba, ésta no debe ser excesiva al grado de formar una película alrededor de la semilla, tampoco deben presentarse niveles bajos de humedad en el substrato. La cantidad de agua necesaria dependerá de la naturaleza y dimensión de los substratos, siendo factible aplicar riegos durante la prueba, aunque la misma, puede ser causa de posible variación en los resultados.

La humedad relativa alrededor de la semilla debe ser lo más cercano al 100 por ciento para prevenir pérdidas de humedad por evaporación, y para mantener este nivel durante la prueba se recomienda el uso de humidificadores automáticos, mantener agua en la cámara de germinación, o bien cubrir con plásticos o bolsas los "tacos" y pruebas de arena; o bien utilizar recipientes como frascos o cajas plásticas cerradas (ISTA, 1966). Asimismo se prescribe que el agua que se utilice debe estar libre de ácidos, álcalis y otras impurezas orgánicas, y que

al utilizar agua destilada debe adicionarse aereación a la prueba para incrementar el nivel de oxígeno, y cuando se usa agua deionizada se tiene una dureza menor de cinco ppm, obteniéndose resultados uniformes y sin requerir aereación especial. El valor del pH del agua utilizada en la prueba debe estar dentro del rango de 6.0-7.5.

Los niveles extremos de humedad en los substratos ocasionan un decremento en el por ciento de germinación; y bajo condiciones de excesiva humedad la reducción en la germinación es debida a la insuficiente aereación (Delouche, 1953).

Al respecto Phannendranath (1980) encontró diferencias significativas en germinación de sorgo y maíz por efecto del nivel de humedad en los substratos de toallas de papel propias de la prueba estandar; dicho autor consideró como base el peso de las toallas para medir la cantidad de agua adicionada; así en semilla de sorgo encontró pérdidas de germinación de uno a seis por ciento y de uno a nueve por ciento cuando la adición de agua fue de 2.5 y 3.0 veces el peso de la toalla respectivamente; mientras que el nivel óptimo de agua fue el de dos veces el peso de las toallas de papel. El comportamiento fue similar al probar con semilla de maíz, en donde los decrementos fueron desde cero hasta 27 por ciento y de seis a 35 por ciento para los niveles de 2.5 y 3.0; mientras que el

incremento de humedad de 2.0 permitió la máxima germinación.

En girasol Cseresnyes (1979) en base a la cantidad de agua absorbida por el substrato papel, encontró una reducción de germinación de hasta 20 por ciento cuando el nivel de humedad fue del 120 por ciento, sin embargo, cuando el nivel fue de 100 por ciento se presentó el máximo número de plántulas normales, adjudicando al exceso de humedad el incremento de plántulas anormales, lo cual posiblemente se debió al intenso ataque de patógenos desarrollados bajo estas condiciones.

Esto es corroborado por Karl-Ling (1981) al utilizar toallas de papel del tipo Anchor de peso regular y bajo cinco diferentes niveles de humedad en el substrato, utilizando semilla de soya, quien encontró que conforme se incrementaba el nivel de humedad del substrato, se incrementó una anomalía fisiológica expresada en la ruptura del hipocotílo; así el tratamiento de mayor humedad (193 g por ocho toallas) presentó 17 por ciento de plántulas con la anomalía; mientras que al menor contenido de agua (130 g por ocho toallas) se obtuvo únicamente el dos por ciento de plántulas con ruptura de hipocotílo.

Temperatura

Igualmente en las Reglas de Análisis ISTA (1985) se prescriben las condiciones de temperatura para las diferentes especies, en donde se menciona que dentro de la cámara, cabina o cuarto de germinación, debe existir uniformidad de condiciones; asimismo indica que no debe excederse del nivel recomendado de temperatura en donde se permite una variación de $\pm 1^{\circ}\text{C}$. También se prescribe que cuando se recomiendan temperaturas alternas, la menor debe mantenerse por 16 hr mientras que la alta durante ocho hr, siendo este periodo donde se aplica la luz.

Para *Sorghum bicolor* L. Moench. las Reglas de Análisis (ISTA, 1985) recomiendan mantener a 25°C cuando se utilicen temperaturas constantes y cuando es posible el uso de alternas los valores recomendados son 20 - 30°C .

En el uso de temperaturas alternas los cambios entre éstas deben ser relativamente rápidos y no mayores de una hr, y de acuerdo a (Van der Burg et al., 1983) en los aparatos de germinación y utilizando papel como substrato, es factible el uso de dichos ciclos de temperatura; sin embargo, cuando se utiliza arena, los cambios de temperatura son muy largos; por lo cual se recomienda que las pruebas en arena se realicen a temperatura constante.

Substratos

En la prueba de germinación el substrato tiene como función proveer humedad adecuada y soporte a las semillas durante el proceso. Se pueden utilizar diferentes tipos de substratos tales como: papel secante, papel filtro, papel kimpak, toallas de papel, tela, algodón, arena y tierra (Moreno, 1984).

El comportamiento de diferentes substratos trae resultados diferentes en la prueba de germinación. Esto es manifiesto en los resultados encontrados por Wanjari y Bhoyar (1980) quienes encontraron diferencias en la longitud del coleóptilo y de la radícula, al evaluar el comportamiento de la germinación de semilla de 10 híbridos de sorgo colocados en tres diferentes substratos. Encontrando que el rango del tamaño del coleóptilo en suelo, arena y papel fue de 1.04-1.32, 1.51-3.61 y de 3.22-5.17 cm, respectivamente, mientras la longitud de la radícula fue más profusa en suelo midiendo de 14.25-34.50 cm mientras que en arena y en papel toalla su desarrollo fue pobre de 2.01-5.04 y de 3.22-5.17 cm, respectivamente.

Por la uniformidad en resultados que se obtienen, el substrato papel ha sido grandemente recomendado, también Wellington (1965) recomienda utilizar el papel enrollado para la prueba de germinación.

6. La composición puede ser algodón o bien celulosa vegetal bien purificada.
7. Factible de colorearse con tintes no tóxicos.
8. La textura debe ser tal que permita el desarrollo de plántulas sobre el papel y no atravezando éste.
9. El grosor de las hojas no debe ser menor de dos mm.
10. El contenido de cenizas no debe ser mayor a uno por ciento.
11. El rango de pH debe estar entre 6.0-7.5.

Van der Burg et al. (1983) sugieren que cuando se utilice un papel local en la prueba de germinación, deben hacerse pruebas comparativas con otros oficialmente recomendados, o con arena para así determinar la utilidad de éste.

Ya que los papeles contienen solutos en cantidades suficientes que producen una solución osmótica capaz de afectar la germinación cuando la concentración es alta; la superficie húmeda de la semilla, la conductividad hidráulica y la posición relativa del embrión posiblemente modifican el efecto potencial de los residuos de los substratos (Peterson y Cooper, 1979).

En semillas pequeñas la calidad del papel influye significativamente en la germinación, Wright (1973)

encontró en semilla de pasto *Eragrostis lehmanniana* Nees. porcentajes altos de germinación en los papeles filtro: Whatman número dos (77 por ciento) y Eatonand Diexman número 617 (75 por ciento); así como valores de germinación estadísticamente inferiores de 40 y 28 por ciento obtenidos en los papeles filtro Whatman número cuatro y Schleicher número cinco, respectivamente.

No obstante la arena sigue siendo grandemente usada en la prueba de germinación, estableciendo Kahre y Wiklert (1965) las características que debe reunir este substrato tales como estar libre de sustancias tóxicas, por lo cual para prevenir daños se debe cambiar periódicamente evitando la acumulación de tratamiento químico; el tamaño de las partículas debe estar entre 0.05-0.8 mm evitando la presencia de partículas finas o muy grandes que alteran el desarrollo de plántulas; tener un pH entre 6-7.5 y su rango de conductancia específica de $0.1-0.2 \times 10^4$. Asimismo la distribución de partículas debe mantener el nivel de humedad durante la prueba.

Del substrato suelo puede decirse que es menos utilizado por la dificultad de estandarizar un tipo de suelo o composta artificial, de aquí que este substrato no se recomienda en las pruebas primarias, sin embargo, resulta útil para evaluar problemas de fitotoxicidad y es más ampliamente utilizado en pruebas de comparación o para propósitos de investigación (ISTA, 1985).

Aparatos

Van der Burg et al. (1983) enumeran algunos requerimientos generales que deben proveer los aparatos para germinación:

1. La humedad relativa cercana al 100 por ciento debe mantenerse durante el periodo de temperaturas constantes así como en el de temperaturas alternas.
2. Mantener un exacto ajuste de temperatura con límites de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ y si se utilizan ciclos alternos, los cambios deben ser relativamente rápidos y no mayores de una hora.
3. Para proveer luz se debe utilizar tubos blanco fluorescentes con una intensidad de 750-1250 lx en donde la iluminación debe ser uniforme.
4. El intercambio gaseoso debe ser tal que mantenga en lo posible una composición del aire similar al atmosférico. Sin embargo, la ventilación forzada produce un secamiento de la prueba.

Los mismos autores señalan que los aparatos que más ampliamente se han utilizado en la prueba de germinación son cuarto germinador, cámara y mesa de germinación o tanques Copenhagen y que durante la construcción de estos,

debe tomarse en cuenta el aislamiento que proporcionan con respecto a la temperatura y penetración de la humedad, en donde el cuarto y la cámara son efectivos para mantener las condiciones.

La cámara de germinación es un recipiente cerrado que mantiene condiciones de luz u oscuridad. Las cámaras modernas aíslan bien las condiciones y además, tienen integrados sistemas de calefacción y enfriamiento, por lo que se pueden utilizar para ciclos de temperaturas alternas o para temperaturas constantes; sin embargo, algunas solamente mantienen temperaturas constantes. asimismo algunas cámaras mantienen la humedad relativa con un control automático de humedad, pero no siempre es posible mantener el nivel adecuado, por lo cual se recomienda mantener la prueba en recipientes cerrados (ISTA, 1985).

Overea (1962) describe un aparato de germinación, en el cual es factible manejar ciclos de temperaturas alternas y exposición de luz, el cual presenta las siguientes facilidades:

1. Puede utilizarse para ciclos de temperaturas alternas.
2. La temperatura puede ser constante e igual en cada fase de temperatura.
3. Cambios de temperatura rápidos, ya sea de la fase caliente a la fría o viceversa.

4. Humedad constante e igual a la del substrato.
5. No restricción de luz y regulación de la intensidad.
6. Selección y combinación de programas para temperatura y luz.
7. Control automático de programas.
8. Los materiales del aparato no son corrosivos.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del Sitio Experimental

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Análisis de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Material Experimental

Substratos Papel

El Cuadro 3.1 muestra los papeles utilizados en el presente estudio, los que incluyen dos importados recomendados en las Reglas de Análisis y ocho tipos nacionales, describiéndose por su forma comercial y tamaño de uso. Para la selección de éstos (tipos de papel), se realizó un muestreo en laboratorios de semillas del sector oficial y privado en la región Norte de Tamaulipas y Centro-Occidente del país, incluyéndose la mayoría de los papeles utilizados, asimismo, se visitó algunas fábricas y almacenes de papel para ver disponibilidad de otros

papeles, seleccionándose aquellos con posibilidades de ser utilizados en la prueba de germinación.

Cuadro 3.1. Substratos de papel utilizados.

Substrato		Tamaño (cm)
Anchor delgado No. 38	(Importado)	38.0 x 25.0
Anchor grueso No. 76	(Importado)	35.5 x 25.0
Sanita secante Peña Pobre (toalla sencilla)	(Comercial)	27.2 x 21.8
Sanita secante Peña Pobre (toalla doble)	(Comercial)	27.2 x 21.8
Toalla secante Sanisol	(Comercial)	23.5 x 22.0
Toalla secante U. S. Sanitary	(Comercial)	24.0 x 22.0
Delgado de rollo Marli	(Comercial)	23.0 x 32.0
Rendidor No. 30	(De Fábrica)	32.0 x 22.0
Popular No. 45	(De Fábrica)	32.0 x 22.0
Rollo grueso No 60	(Comercial de Almacén)	32.0 x 25.0

Semilla

Para verificar el comportamiento de la germinación en los substratos seleccionados se utilizó semilla de siete lotes de sorgo de diferente capacidad germinativa, proporcionados por compañías de semillas bajo estas características de germinación, siendo lotes de semilla tratada.

Cámaras

Se utilizó una Cámara Germinadora de alta capacidad marca Hoffman Manufacturing de tamaño 2.0 x 0.7 x 1.0 m, seleccionándose temperaturas alternas (20 - 30 °C) por 16 y 8 hr, respectivamente y con luz artificial durante el

periodo de alta temperatura. Estas condiciones fueron mantenidas mediante el sistema que se operó manualmente en esta cámara, siendo el periodo de luz proporcionado en forma automática. Dicha cámara contó con sistema de ventilación en forma constante durante todo el periodo de la prueba, considerandose de esta forma que el ambiente fue de temperatura alterna uniforme pero ambiente seco, contandose únicamente con la humedad proporcionada en el substrato, la cual fue aplicada al inicio de la prueba y mantenida hasta al final de la misma.

Asimismo se utilizó una cámara de baja capacidad fabricada por Seedburo Equipment - Company de dimensiones (0.62 x 0.65 x 0.43 m), con temperatura constante (25 ± 1 °C) proporcionada mediante un calefactor tipo resistencia y regulada mediante un termostato. La luz utilizada fue natural y de iluminación artificial del laboratorio al contar esta cámara con vidrio en toda la parte superior. La misma no contaba con ventilación, proporcionando un ambiente de alta humedad relativa por la temperatura y humedad del substrato que se proporcionó al inicio de la prueba.

VARIABLES EVALUADAS

Se evaluaron las siguientes variables propias de la germinación así como las siguientes características de los tipos de papel:

1. Germinación normal
2. Germinación anormal
3. Semillas muertas
4. Semillas infectadas
5. Peso fresco de plántulas
6. Peso fresco del vástago
7. Peso fresco de la radícula
8. Peso seco de plántulas
9. Radículas atravezando el papel
10. Vástagos atravezando el papel
11. Emergencia en campo
12. Emergencia en invernadero
13. Saturación inicial
14. Tiempo de mojado (min)
15. Gasto de agua (ml)
16. Número de tacos rotos
17. Ascención capilar (mm)
18. pH
19. Cenizas
20. Contenido de azufre
21. Toxicidad en semillas pequeñas
22. Reuso (por ciento de semillas infectadas)

Desarrollo de las Pruebas

Forma de uso de los Substratos

El uso de los papeles a evaluar fue en todos los

casos en la modalidad entre papel (EP) recomendada para este cultivo en las Reglas de Análisis.

La cantidad de toallas o capas utilizadas por "taco" (repetición) y su forma de uso, se determinó en base a la modalidad seguida en los laboratorios muestreados, así como a las diferencias de los substratos en tamaño, grosor y presentación:

Anchor delgado: cada repetición consistió de dos toallas, la inferior sobre la cual se colocó la semilla, y la superior que sirvió de cubierta.

Anchor grueso: al igual que el anterior se utilizaron dos toallas por "taco", y para mantenerlo enrollado y fijo se hizo necesario utilizar cintas elásticas de medida exacta del diámetro del "taco".

Sanita secante Peña Pobre (toalla sencilla): según su presentación cada unidad de toalla consistió de dos toallas delgadas, para la formación de un "taco" requirió una unidad inferior y otra superior para cubrir. La presentación de este substrato es en forma de paquete, con textura muy frágil cuando está húmedo, por lo que para facilitar su manejo al extenderla, se humedeció únicamente la cantidad necesaria sin variar el acomodo de presentación.

Sanita secante Peña Pobre (toalla doble): un "taco" consistió de dos unidades (cuatro capas delgadas) para formar la capa inferior sobre la cual se colocó la semilla; y consistiendo la capa superior únicamente en una unidad. El manejo fue similar al utilizado en la modalidad de toalla sencilla.

Toalla secante Sanisol: para la formación del "taco" se utilizó una unidad (dos capas delgadas) tanto para la capa inferior como para la superior y, la saturación de este substrato se realizó sin variar el acomodo o presentación del paquete.

Toalla secante U. S. Sanitary: tres toallas sencillas como capa inferior y dos para la superior fueron necesarias para conformar un "taco". Por su lenta velocidad de saturación fue necesario desdoblarlas y colocarlas de esta manera en el agua para su saturación.

Delgado de rollo Marli: la presentación de este papel es en rollo, por lo que para la capa inferior del "taco" se cortó una hoja de 65 cm de longitud doblada por la mitad haciendo dos hojas en la capa inferior, consistiendo la capa superior en una hoja sencilla de 32.5 cm. Debido a su presentación, se requirió primeramente cortar las hojas para las dos capas, lo que se hizo en forma ágil sobre una superficie plana y con el uso de una regla de 30 cm.

Rendidor No. 30: la presentación de este papel es en hojas grandes de 64.0 x 44.0 cm, por lo que fue necesario primeramente dividirlo para así formar las diferentes capas; en donde la inferior se dividió al 50 por ciento de su superficie, la cual se dobló por la mitad para formar una capa doble de 32.0 x 22.0 cm; la capa superior consistió de la cuarta parte de la hoja grande (una hoja sencilla).

Popular No. 45: su presentación también es en hojas grandes de 64.0 x 44.0 cm, por lo que la forma de uso fue similar al anterior substrato, siendo la diferencia de este papel su calidad.

Rollo grueso No. 60: la presentación de este papel es en rollo, por lo que primeramente se formaron hojas de 32.5 cm de longitud, cortadas sobre una superficie plana con una regla de 30 cm, y utilizando para cada "taco" una hoja para cada capa.

Prueba de Germinación

Esta se realizó en cada substrato y para cada lote de semilla de acuerdo a las especificaciones de las Reglas de Análisis ISTA (1985). Primeramente la saturación de cada substrato se realizó como se describe en la variable saturación inicial (ml utilizados) y en cada uno se sembraron 100 semillas por "taco" o repetición, utilizando

un sembrador perforado de tipo manual para semillas de sorgo, y enrollando a un diámetro todos los "tacos" de acuerdo a su facilidad y grosor. Los cuatro "tacos" de cada lote se colocaron dentro de bolsas de polietileno para conservar la humedad, y perforadas en sus extremos para evitar excesos de agua y favorecer la aereación. La evaluación se realizó a los siete días después de la siembra donde se obtuvieron las siguientes variables:

Plántulas Normales

La evaluación de éstas, estuvo basada en las recomendaciones del manual de evaluación de plántulas ISTA (1979), considerandose plántulas normales aquellas que presentaron las estructuras esenciales bien desarrolladas y capacidad para continuar el desarrollo a una planta normal bajo condiciones favorables de suelo. Asimismo, se consideraron plántulas normales las plántulas intactas o con pequeños defectos y aquellas con infección secundaria, pero que en ambos casos no mostraban impedimento para la continuación del desarrollo a plantas normales. Estas se anotaron por cada repetición ("Taco") y representó la germinación normal.

Plántulas Anormales

Igualmente de acuerdo al manual de evaluación de plántulas en cada taco se consideraron aquellas plántulas

que no presentaron capacidad para desarrollarse a una planta normal, debido a que mostraron una o más estructuras esenciales irreparables o defectuosas tales como plántulas dañadas, deformes o desequilibradas y las podridas y/o enfermas.

Semillas Muertas

Fueron aquellas que no presentaron ningún desarrollo durante el período de la prueba, permaneciendo intactas y en algunos casos manchadas.

Radículas Atravesando el Papel

Al final de la prueba y antes de la evaluación de plántulas se anotaron todas aquellas que lograron atravesar completamente la capa exterior o la inferior del "taco", mostrándose al desenrollarlo pero antes de abrirlo.

Vástagos Atravesando el Papel

Igualmente al final de la prueba, al desenrollar el "taco" y antes de abrirlo se anotaron aquellas plántulas cuyo coleóptilo y plúmula atravesó el papel.

Peso Fresco de Vástago

Todas las plántulas normales fueron separadas en

raíz y vástago después de eliminar la semilla, e inmediatamente se registró su peso de vástagos para evitar pérdidas de humedad, utilizando una balanza de 0.01 g de precisión.

Peso Fresco de la Radícula

Al mismo tiempo todas las radículas de las plántulas normales fueron pesadas por "taco" inmediatamente después de la evaluación en una balanza con precisión igual a la anterior variable.

Peso Fresco Total

Fue el peso fresco total de plántulas normales obtenido al sumar los pesos frescos de vástago y radícula de las dos variables anteriores.

Peso Seco Total

Tanto los vástagos y radículas provenientes de las plántulas normales después de eliminar la semilla, se colocaron en una estufa de convección mecánica a una temperatura de 65 °C durante 24 hr en bolsas de papel perforadas, colocándose después de este periodo por 20 min en un desecador de vidrio para equilibrar su temperatura con la del medio ambiente, y después registrar su peso utilizando una balanza con precisión de 0.0001 g.

Los pesos frescos y el peso seco total se reportaron en mg por planta; dividiendo el peso total obtenido del número de vástagos, raíces o plántulas normales entre el número de estos.

Emergencia en Campo e Invernadero

A fin de comparar los resultados de germinación en los diferentes substratos papel, con la emergencia de los lotes en suelo y en arena, se realizaron pruebas de emergencia en campo e invernadero.

La evaluación se realizó en el mes de Julio de 1989 en los terrenos de la UAAAN, sembrando cuatro repeticiones de 100 semillas por lote previamente aleatorizados, en surcos a doble hilera y con humedad a capacidad de campo y a tres cm de profundidad, en un suelo de textura franca; en donde los surcos tuvieron una separación de 75 cm y el largo de éstos para las 100 semillas fue de un metro. Diariamente se anotaron las plántulas emergidas hasta obtener la máxima emergencia, considerada emergencia total.

Para la emergencia en el invernadero se utilizó el substrato arena de arroyo previamente cribada; sembrando la semilla en camas a una profundidad de tres cm, y en surcos de un metro de longitud con una separación de 20 cm. Las unidades experimentales se distribuyeron al azar las cuales consistieron de 100 semillas colocadas a lo largo de los

surcos. La temperatura que se mantuvo fue de $25^{\circ}\text{C} \pm$ dos constante.

Saturación Inicial (ml utilizados)

Para la evaluación de esta variable se tomó como base la cantidad de toallas necesarias para formar 28 tacos, requeridos para evaluar la germinación de los siete lotes en un papel y para una cámara. Este número de toallas se colocó en una charola plástica de tamaño $40 \times 32 \times 6$ cm, y se aplicó tres litros de agua; después de obtener la saturación completa del substrato, las toallas se retiraron del recipiente, colocándose en una canasta plástica durante 10 min para drenar el exceso de agua. Por diferencia entre la cantidad de agua aplicada y la colectada y sobrante se calculó esta variable.

Tiempo de Mojado

Este correspondió al tiempo en minutos necesario para lograr la saturación completa de la cantidad de toallas necesarias de un substrato para la evaluación en una cámara de los siete lotes.

Gasto de Agua Durante la Prueba (ml)

Este se obtuvo de la diferencia entre el peso de un

U.A.A.N.

00810

taco saturado de agua y sembrado normalmente y el peso que tuvo después de la prueba únicamente el papel, inmediatamente después de evaluar, procediendo igual para ambas cámaras.

Número de Tacos Rotos

Después de drenar el exeso de agua de las toallas durante la saturación inicial éstas, se colocaron en la charola plástica de tamaño 40 x 32 x 6 cm, para de ahí tomarlas y extenderlas sobre una superficie plana y formar las diferentes capas del taco. Durante este manejo toda toalla que se rompió, se clasificó como taco roto. Esta variable cuantificó en parte, la dificultad de manejo que presentaron los diferentes substratos durante la siembra y formación del taco.

Ascensión Capilar

Esta se realizó de acuerdo a la metodología citada por Moreno (1984), para lo cual, se cortaron tiras de cada papel en sentido transversal y longitudinal de un centímetro de ancho y de largo al tamaño de los diferentes substratos, los cuales se introdujeron uno por uno durante dos minutos en un vaso de precipitado de 600 ml conteniendo 150 ml de agua, anotándose la distancia de saturación obtenida. Para cada substrato se hicieron dos repeticiones en cada sentido.

pH

Para determinar el pH de los diferentes papeles se colocaron 20 gr de papel de cada uno previamente cortados en pequeñas porciones, los que se colocaron en vasos de precipitado de 250 ml, y se les aplicó dos veces la cantidad de agua de pH neutro (7.0) necesaria para saturar cada substrato. Posteriormente la mezcla agua-substrato se agitó durante 45 min, separandose posteriormente el exceso de agua a la que se le determinó el pH por medio de un potenciómetro electrónico.

Contenido de Cenizas

Se determinó mediante el método de la mufla siguiendo la metodología citada por Quiroga (1971), la cual consistió en colocar una muestra seca de papel previamente tarada a una temperatura de 460 °C durante ocho horas, para eliminar totalmente la porción orgánica, y así separar la parte inorgánica que constituyó el contenido de cenizas.

Contenido de Azufre

En una muestra de aproximadamente tres gramos, primeramente se determinó el sulfato total contenido en los papeles mediante el procedimiento citado por la Association of Official Analytical Chemists (1980), para después por

medio del factor (0.137) obtener el contenido de azufre de la muestra.

Toxicidad en Semillas Pequeñas

Para evaluar la toxicidad de los diferentes papeles, se colocaron en cajas petri previamente esterilizadas en un ambiente aséptico círculos de cada papel sin esterilizar, humedecidos con agua destilada estéril, y en donde se sembró semilla del pasto *Eragrostis lehmanniana* previamente desinfectada en solución de hipoclorito de sodio al dos por ciento. La finalidad de controlar la asepsia de los materiales anteriores y de la metodología, fue para encontrar los efectos fitotóxicos de los papeles, y calificar su grado de sanidad.

Las cajas con la semilla se colocaron a 25 °C constante y después de seis días se evaluaron plántulas normales, anormales y semillas muertas, siguiendo las recomendaciones del manual para evaluación de plántulas de la ISTA (1979). Dentro de las plántulas normales se anotaron como plántulas vigorosas aquellas que presentaron un buen desarrollo equilibrado en sus estructuras (plúmula y radícula). Clasificándose asimismo plántulas normales poco vigorosas, aquellas que presentaron sus estructuras esenciales pero el desarrollo de éstas fue limitado. Siendo las plántulas anormales las que presentaron un

desarrollo anormal en cualquiera de sus estructuras y las semillas muertas las que no mostraron ninguna actividad .

Para evaluar el grado de sanidad de los substratos se utilizó una escala de valores (Cuadro 3.2), basada en el número de colonias de diversos patógenos presentes durante la prueba.

Cuadro 3.2. Grado de sanidad de los substratos de acuerdo a la presencia de hongos durante la prueba.

Grado de infección	Valor
Libre de infección	1
De 1-5 colonias	2
De 5-10 colonias	3
De 10- 15 colonias	4
Más de 15 colonias	5

Reuso

Los papeles utilizados en la prueba de germinación se dejaron secar después de la prueba y se guardaron para su reutilización, volviéndose a sembrar en su misma modalidad de uso, probándose únicamente con la semilla de sorgo de tres lotes de diferente capacidad germinativa. Los tacos formados por dichos substratos se colocaron en las condiciones de la cámara chica, durante siete días después de la siembra. La evaluación se basó únicamente en el número de semillas que presentaron infección por algún patógeno (hongo o bacteria).

Análisis Estadísticos

Primeramente los resultados de las variables expresados en porcentaje fueron transformados mediante la fórmula siguiente: Arco Seno $(x/100)^{0.5}$.

Donde:

x = por ciento del dato a transformar

Para algunas variables en las que se presentaron valores de cero, su transformación se realizó de la siguiente manera Arco Seno $[(x + 1/100)]^{0.5}$, y mediante la adición de una unidad no afectar la sensibilidad del análisis estadístico.

Las diferentes variables obtenidas en la prueba de germinación, se analizaron individualmente mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial con tres factores y cuatro repeticiones, utilizado con la finalidad de encontrar las diferencias entre cámaras y entre substratos, utilizando los siete lotes de semilla de sorgo; el modelo estadístico correspondiente es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + C_k + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + \delta_{ijkl}$$

donde:

i = 1, 2 cámaras.

j = 1, 2, 3,, 10 substratos.

k = 1, 2, 3,, 7 lotes de semilla.

$l = 1, 2, 3, 4$ repeticiones

Y_{ijkl} = variable observada.

μ = media general.

A_i = efecto de la i -teava cámara.

B_j = efecto del j -teavo substrato.

$(AB)_{ij}$ = efecto de la i, j -teava interacción de cámaras y substratos.

C_k = efecto del k -teavo lote de semilla.

$(AC)_{ik}$ = efecto de la i, k -teava interacción de cámaras y lotes.

$(BC)_{jk}$ = efecto de la j, k -teava interacción de substratos y lotes.

$(ABC)_{ijk}$ = efecto de la i, j, k -teava interacción de cámaras, substratos y lotes.

ε_{ijkl} = error experimental de la i, j, k -teavo tratamiento en la l -teava repeticion.

Y mediante el mismo diseño experimental se analizaron las variables: gasto de agua durante la prueba (ml) y reuso (por ciento de semillas infestadas), donde se utilizaron unicamente dos lotes de semilla de sorgo.

Para comparar el por ciento de germinación obtenido en los diferentes substratos de papel y la emergencia en campo e invernadero, se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial y dos factores cuyo modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mathcal{M} + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \delta_{ijk}$$

Donde:

$i = 1, 2, 3, \dots, 12$ substratos.

$j = 1, 2, 3, \dots, 7$ lotes de semilla.

$k = 1, 2, 3, 4$ repeticiones.

Y_{ijk} = variable observada.

\mathcal{M} = media general.

A_i = efecto del i -teavo substrato.

B_j = efecto del j -teavo lote de semillas.

$(AB)_{ij}$ = efecto de la i, j -teava interacción de substratos y lotes.

δ_{ijk} = error experimental del i, j -teavo tratamiento en la k -teava repetición.

Las variables evaluadas en cada uno de los substratos tales como: saturación inicial (ml^{r} utilizados), tiempo de mojado (min), número de tacos rotos, ascención capilar (mm) y contenido de azufre (%), se analizaron mediante un diseño completamente al azar con dos repeticiones y para pH y cenizas (%), se utilizaron tres y seis repeticiones respectivamente.

Para la comparación de medias en todos los casos de variables con significancia se utilizó la Prueba de Tukey, efectuando asimismo un análisis de correlación múltiple entre las diferentes variables.

Para verificar la reproducibilidad de condiciones formadas en las cámaras y en los substratos de papel, el experimento se repitió dos veces; y mediante la comparación de resultados entre experimentos se verificó el grado de reproducibilidad de condiciones.

RESULTADOS Y DISCUSION

Prueba de Germinación

En los Cuadros 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4 se muestran las significancias obtenidas para las siguientes variables de la prueba de germinación: Plántulas normales y Anormales, Semillas muertas, Peso fresco de raíz, Peso fresco de vástago, Peso fresco de plántula, Peso seco de plántula y Semillas infectadas, de los experimentos I y II. Estas significancias representan diferencias encontradas en los factores cámaras, substratos y sus interacciones.

Para la variable plántulas normales no se encontraron diferencias significativas en el factor cámaras en los dos experimentos, esto parece indicar que las condiciones que prevalecieron en las cámaras estudiadas no llegaron a afectar el por ciento de plántulas normales y como tal no se afectó el por ciento de germinación, es decir que el efecto entre cámaras no es cuantificable mediante el porcentaje de plántulas normales por no ser de gran magnitud. Sin embargo, ésta misma variable, en el factor substratos sí presentó diferencias altamente significativas en ambos experimentos, mostrándose su comparación de medias en los Cuadros 4.8 y 4.10 en donde

Cuadro 4.1. Significancias de las variables: plántulas normales y anormales, semillas muertas y peso seco de plántulas en el experimento I.

F.V.	P. N %	P. A. %	S. M. %	P. S. P. mg/pl
Factor A	NS	NS	NS	NS
Factor B	**	**	**	**
Factor C	**	**	**	**
AxB	**	**	*	**
AxC	NS	NS	NS	**
BxC	NS	**	NS	**
AXBxC	NS	NS	NS	**
C.V.	4.34	18.45	16.76	5.64

Cuadro 4.2. Significancias de las variables: peso fresco de vástago, peso fresco de raíz y peso fresco de plántula y semillas infectadas en el experimento I.

F.V.	P. F. V. mg/pl	P. F. R. mg/pl	P. F. T. mg/pl	S. I. %
Factor A	**	**	**	**
Factor B	**	**	**	**
Factor C	**	**	**	**
AxB	**	**	**	**
AxC	**	**	**	NS
BxC	**	**	**	**
AXBxC	**	**	**	**
C. V.	5.97	9.43	5.26	19.69

A = Cámaras

B = Substratos

C = Lotes de semilla

NS = No significativo

* = Significativo (P < 0.05)

** = Significativo (P < 0.01)

Cuadro 4.3. Significancias de las variables: plántulas normales y anormales, semillas muertas y peso seco de plántulas en el experimento II.

F.V.	P. N. %	P. A. %	S. M. %	P. S. P. mg/pl
Factor A	NS	**	*	**
Factor B	**	**	**	**
Factor C	**	**	**	**
AxB	**	**	NS	**
AxC	NS	NS	NS	**
BxC	**	**	NS	**
AxBxC	NS	NS	NS	**
C. V.	4.73	20.08	17.92	5.11

Cuadro 4.4. Significancias de las variables: peso fresco de vástago, peso fresco de raíz, peso fresco de plántula y semillas infectadas en el experimento II.

F.V.	P. F.V. mg/pl	P. F. R. mg/pl	P. F. T. mg/pl	S. I. %
Factor A	**	**	**	*
Factor B	**	**	**	**
Factor C	**	**	**	**
AxB	**	**	**	**
AxC	**	**	**	**
BxC	**	**	**	**
AxBxC	**	**	**	**
C. V.	6.28	9.23	5.56	23.05

A = Cámaras

NS = No significativo

B = Substratos

* = Significativo (P < 0.05)

C = Lotes de semillas

** = Significativo (P < 0.01)

se encontraron diferencias de germinación hasta de cuatro por ciento; así, los papeles de mejor comportamiento para esta variable fueron los tipo Anchor, U. S. Sanitary, Delgado de rollo y la toalla Sanisol, mientras que los substratos que afectaron la capacidad de germinación de los lotes de semillas fueron las toallas Sanitas secantes en sus dos modalidades, así como el papel Rollo grueso, lo cual posiblemente se debió a que las toallas Sanitas secantes presentaron mayor cantidad de cenizas (siete por ciento), valor muy por arriba de lo recomendado por Colbry (1965) que es del uno por ciento. En el substrato Rollo grueso, además del efecto producido por la concentración de la solución osmótica formada al diluirse su alto contenido de cenizas, afectó también el comportamiento de la germinación, el grado de sanidad del papel, ya que éste presentó niveles muy altos de semillas infectadas (Cuadros 4.9 y 4.11).

Al descomponer la interacción altamente significativa de cámaras y substratos para la variable plántulas normales se encontraron valores diferentes entre cámaras con algunos substratos (Figuras 4.1 y 4.2). Así en el papel Anchor grueso se presentó mayor porcentaje de germinación cuando se colocó en la cámara grande, siendo este papel el que absorbió la mayor cantidad de agua al saturarse (Cuadro 4.14) y dado que en la cámara chica se presentó la menor pérdida de humedad (Cuadro 4.16), posiblemente en estas condiciones hubo excesos de humedad

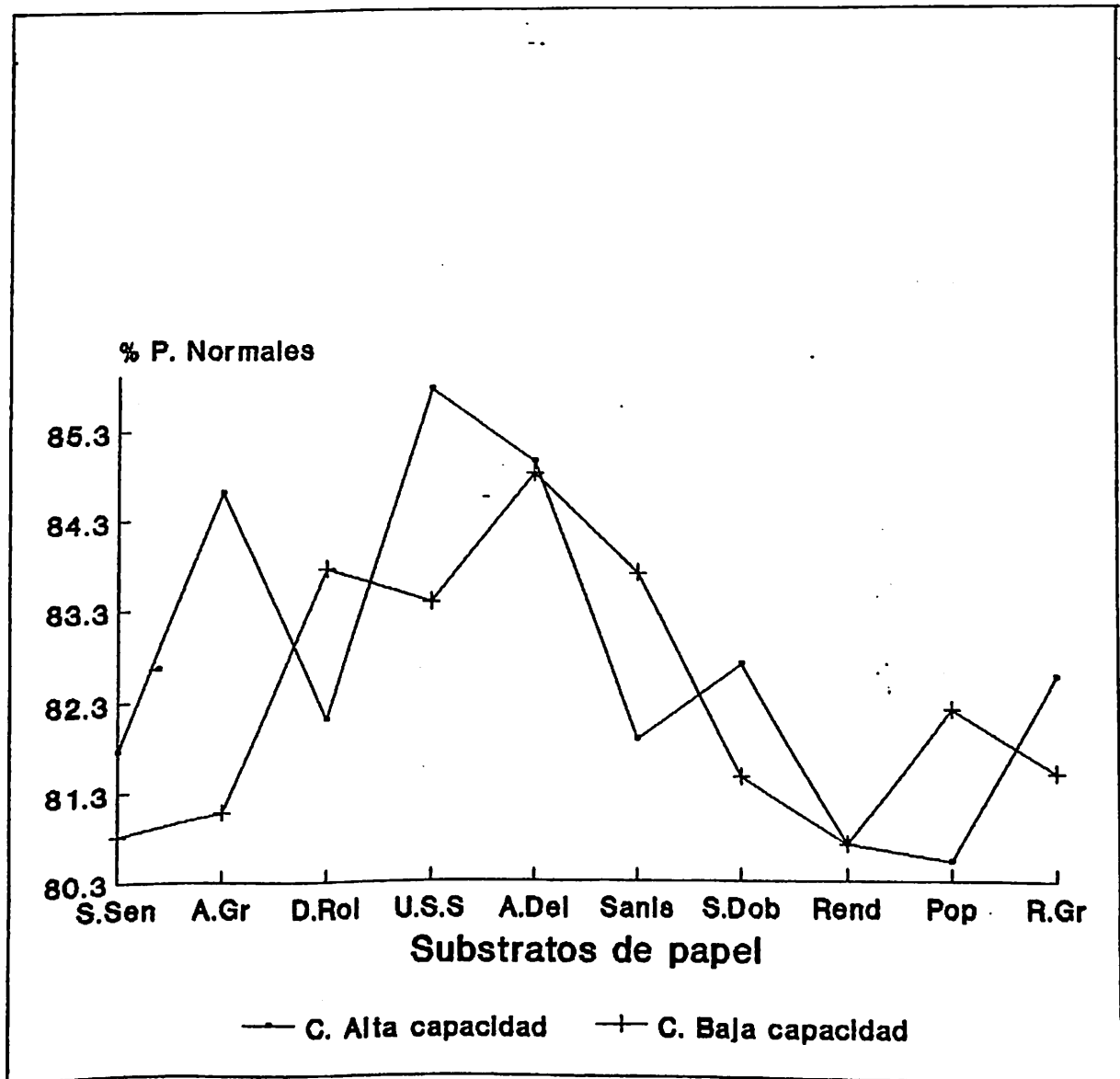


Figura 4.1. Plántulas normales obtenidas en la prueba de germinación de semilla de sorgo en diez substratos de papel colocados en dos cámaras germinadoras (Experimento 1).

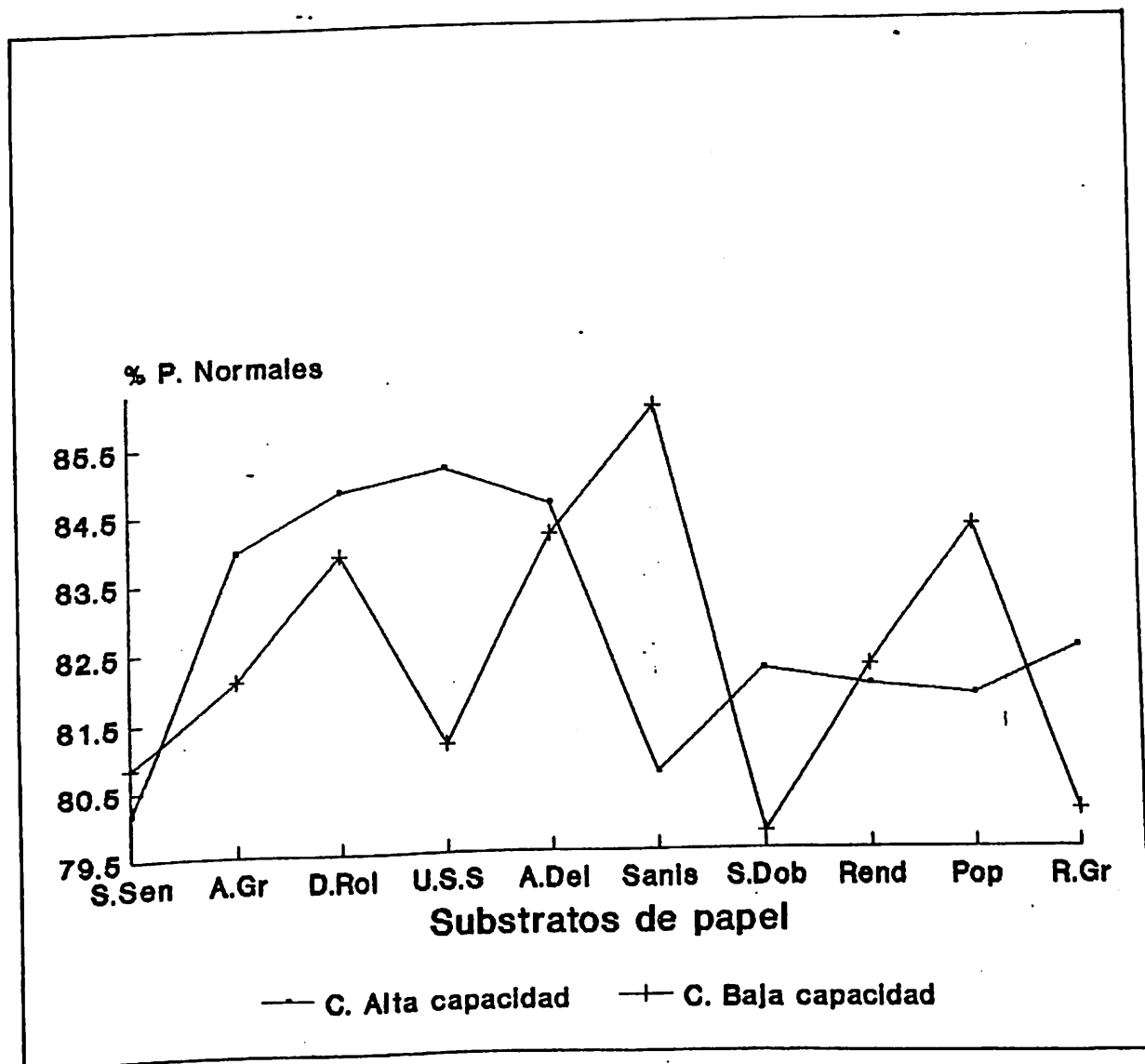


Figura 4.2. Plántulas normales obtenidas en la prueba de germinación de semilla de sorgo en diez substratos de papel colocados en dos cámaras germinadoras (Experimento II).

por un largo período de tiempo, lo cual influyó negativamente en la germinación de la semilla; los resultados en plántulas normales obtenidos en los substratos gruesos (Sanitas dobles y Rollo grueso) apoyan lo anterior y que puede corroborar lo encontrado en semillas de sorgo (Phannendragath, 1980), girasol, (Cseresnyes, 1979) y soya (Kar-Ling, 1981), donde los excesos de humedad en los substratos afectaron significativamente la germinación de las semillas de los cultivos mencionados.

El valor más bajo de germinación se obtuvo en el papel Sanita doble colocado en la cámara chica durante el experimento II y con similar comportamiento en el experimento I, tal comportamiento pudiera ser debido al efecto producido por la solución osmótica formada por el agua aplicada y el alto contenido de porción mineral en dicho substrato (Cuadro 4.15); así en la modalidad toallas secantes dobles la concentración de la solución parece ser que se incrementa y afecta significativamente el total de plántulas normales. Lo anterior concuerda con lo encontrado por Evans y Stickler (1961), quienes mencionan que la germinación de sorgo decrece progresivamente al incrementarse la tensión de humedad en el medio.

La variable Plántulas anormales presentó diferencias altamente significativas en el factor cámaras del experimento II (Cuadro 4.3), encontrándose un ligero

Cuadro 4.5. Comparación de medias del factor cámaras para las variables: raíces atravesando el papel y peso fresco de vástago, raíz y plántula (experimento I).

Cámara	R. A. P. %	P. F. V. mg/pl	P. F. R. mg/pl	P. F. T. mg/pl
Alta capacidad	13.05 A	67.82 B	19.60 A	87.66 B
Baja capacidad	11.78 B	79.74 A	14.75 B	94.50 A
Tukey (0.5)	0.61	0.72	0.26	0.79

Cuadro 4.6. Comparación de medias del factor cámaras para las variables: plántulas anormales, semillas muertas, vástagos atravesando el papel y peso seco de plántulas (Experimento II).

Cámaras	P. A. %	S. M. %	V. A. %	P. S. P. mg/pl
Alta capacidad	6.93 B	9.94 A	0.42 A	9.39 B
Baja capacidad	7.76 A	9.37 B	0.63 A	9.52 A
Tukey (0.05)	0.51	0.53	4.74	0.08

Cuadro 4.7. Comparación de medias del factor cámaras para las variables: peso fresco de vástago, peso fresco raíz y peso fresco de plántula y semillas infectadas (Experimento II).

	P. F. V. mg/pl	P. F. R. mg/pl	P. F. T. mg/pl	S. I. %
Alta capacidad	67.91 B	19.66 A	87.57 B	18.48 A
Baja capacidad	81.76 A	14.23 B	96.08 A	16.94 B
Tukey (0.05)	0.77	0.25	0.84	0.94

incremento del uno por ciento en la cámara chica, este resultado y la no significancia entre cámaras obtenida en el experimento I (Cuadro 4.1), parecen indicar que el efecto entre cámaras no es de gran magnitud. Sin embargo, en los substratos en ambos experimentos, sí hubo diferencias altamente significativas, y parece ser que algunos substratos de papel sí presentaron condiciones para desarrollar plántulas anormales, lo anterior de acuerdo a las diferencias estadísticas que para esta variable se presentan en los Cuadros 4.8 y 4.10 de comparación de medias, en donde se observa que las toallas secantes del tipo Sanitas en sus dos modalidades indujeron anomalías, por las condiciones que se forman con el exceso de impurezas inorgánicas contenidas en este substrato y el alto nivel de humedad mantenido en la cámara chica, producido por la alta cantidad de agua que inicialmente requirió para saturarse (Cuadro 4.14). Caso contrario sucedió en el papel Anchor delgado el cual presentó contenidos de cenizas dentro de lo recomendado para los papeles utilizados en la prueba de germinación, asimismo requirió para saturarse una cantidad intermedia de agua.

Dentro de cámaras la variable Semillas muertas presentó un ligero incremento de 0.5 por ciento en la cámara chica durante el experimento II, mientras que en el experimento I el comportamiento entre cámaras fue similar al no presentar diferencias significativas. Sin embargo,

aún y cuando las diferencias entre substratos fueron altamente significativas, la respuesta de esta variable no está relacionada con la calidad de los substratos, pues lo mismo presentan superioridad estadística, los papeles de poca calidad como las Sanitas, así como también los tipo Anchor recomendados en las Reglas (Cuadros 4.8 y 4.10); tal comportamiento parece indicar que el ambiente de las cámaras o de los substratos no tuvo ningún efecto de favorecer la muerte de la semilla del sorgo en germinación.

El Peso fresco de vástago fue más alto en la cámara chica (Cuadros 4.5 y 4.7) pues al mantener las condiciones de humedad, no se afectó la turgencia aérea de las plántulas. Parece que entre substratos también el nivel de humedad proporcionado por cada uno de estos fue el que ocasionó las diferencias entre papeles, en donde resultó que la toalla Sanisol que requirió la cantidad de agua estadísticamente menor para saturarse, produjo también el menor peso fresco de vástago (Cuadros 4.9 y 4.11); comportamiento inverso sucedió con los papeles de mayor gasto de agua al presentar valores altos, lo cual corrobora lo anteriormente mencionado. Estos resultados se relacionan con los encontrados por Wanjari y Bhoyar (1980) quienes observaron mayor longitud del coleóptilo en los substratos de papel, porque mantienen y proporcionan mejor la humedad a las semillas en germinación que los substratos suelo y arena, en donde el tamaño del coleóptilo fue menor.

Cuadro 4.8. Comparación de medias del factor substratos para las variables: plántulas normales y anormales, semillas muertas y peso seco de plántulas (Experimento I).

Substratos	P. N. %	P. A. %	S. M. %	P. S. mg/pl
S. Sencilla	81.28 B	9.60 A	8.99 C	9.71 B
A. Grueso	82.88 AB	6.90 B	9.63 ABC	9.32 C
D. de Rollo	82.94 AB	7.27 B	9.34 BC	9.61 BC
U.S.Sanitary	84.56 A	6.49 BC	8.37 C	9.91 B
A. Delgado	84.87 A	5.16 C	9.56 ABC	10.38 A
Sanisol	82.79 AB	7.54 B	9.21 BC	7.79 E
S. Doble	82.07 B	7.71 B	9.91 ABC	8.86 D
Rendidor	80.69 B	8.01 AB	11.52 A	8.93 D
Popular	81.35 B	7.05 B	11.10 AB	9.35 C
R. Grueso	82.02 B	7.41 B	10.13 ABC	8.93 D
Tukey (0.05)	1.69	1.72	1.82	0.31

Cuadro 4.9. Comparación de medias del factor substratos para las variables: peso fresco de vástago, peso fresco de raíz, peso fresco de plántula y semillas infectadas (Experimento I).

Substratos	P. F. V. mg/pl	P. F. R. mg/pl	P. F. T. mg/pl	S. I. %
S. Sencilla	82.30 A	15.37 E	97.55 AB	6.91 F
A. Grueso	76.42 CD	20.49 A	96.98 AB	10.62 E
D. de Rollo	79.05 BC	16.77 CD	95.83 AB	15.29 CD
U.S.Sanitary	75.56 D	15.95 DE	91.51 C	18.19 C
A. Delgado	75.87 D	13.52 F	89.40 C	15.70 C
Sanisol	48.53 F	16.55 CD	65.09 D	43.36 A
S. Doble	81.41 AB	16.46 D	97.88 A	9.47 EF
Rendidor	71.78 E	19.20 B	90.99 C	18.21 C
Popular	74.79 D	20.02 AB	94.81 B	12.00 DE
R. Grueso	72.11 E	17.45 C	90.74 C	30.03 B
Tukey (0.05)	2.63	3.62	2.86	2.86

Cuadro 4.10. Comparación de medias del factor substratos para las variables: plántulas normales y anormales, semillas muertas y peso seco de plántulas (Experimento II).

Substratos	P. N. %	P. A. %	S. M. %	P. S. P. mg/pl
S. Sencilla	80.51 D	8.70 A	10.37 A	9.25 C
A. Grueso	83.01 ABC	7.15 ABC	9.25 AB	10.45 A
D. de Rollo	84.33 A	6.87 BCD	8.37 B	10.46 A
U.S.Sanitary	83.16 AB	7.25 ABC	8.96 AB	10.14 B
A. Delgado	84.34 A	5.53 D	9.54 AB	10.32 AB
Sanisol	83.41 AB	7.03 ABCD	8.94 AB	8.30 E
S. Doble	80.59 CD	8.52 AB	10.38 A	8.58 DE
Rendidor	82.02 ABCD	7.08 ABCD	10.52 A	8.72 D
Popular	82.98 ABCD	6.75 CD	9.85 AB	9.20 C
R. Grueso	81.22 BCD	7.70 ABC	10.46 A	9.13 C
Tukey (0.05)	1.84	1.87	1.93	0.28

Cuadro 4.11. Comparación de medias del factor substratos para las variables: peso fresco de vástago, peso fresco de raíz, peso fresco de plántula y semillas infectadas (Experimento II).

Substratos	P. F. V. mg/pl	P. F. R. mg/pl	P. F. T. mg/pl	S. I. %
S. Sencilla	79.44 BC	18.04 B	97.48 B	9.02 E
A. Grueso	82.86 A	18.21 B	101.07 A	16.68 D
D. de Rollo	82.70 A	15.02 C	97.73 B	18.47 CD
U.S.Sanitary	78.15 BCD	15.27 C	93.96 CD	17.91 D
A. Delgado	15.81 D	15.18 C	91.02 DE	17.39 D
Sanisol	45.02 F	13.79 D	58.81 F	37.78 A
S. Doble	80.28 AB	17.30 B	97.59 B	9.80 E
Rendidor	69.96 E	19.62 A	89.49 E	24.13 B
Popular	76.74 CD	19.19 A	95.93 BC	9.34 E
R. Grueso	77.40 CD	17.85 B	95.14 BC	23.09 BC
Tukey (0.05)	2.81	0.93	3.05	3.42

El Peso fresco de raíz fue estadísticamente superior en la cámara grande (Cuadros 4.9 y 4.11), en la que las condiciones permiten pérdidas altamente significativas de los niveles de humedad debido a la aereación que ésta tiene (Cuadro 4.16); lo anterior parece indicar que los ambientes para germinación con estres hídrico, provocan un mayor desarrollo radicular el cual posiblemente requieren las plántulas para explorar mayor área y cubrir en lo posible las necesidades hídricas de éstas. También Wanjari y Bhojar (1980) encontraron en semillas de sorgo un desarrollo profuso de radículas cuando se sembró en suelo, mientras que en los substratos de mayor disponibilidad de agua tales como la arena y el papel, el desarrollo de esta estructura resultó pobre.

Además de los índices de humedad, parece ser que también el peso fresco de la raíz es afectado por los altos contenidos de solutos y por el grado de sanidad de los substratos. Lo anterior se comprueba con el comportamiento que presentaron la toalla Sanisol y el Rollo grueso, los cuales además de presentar valores altos en contenido de cenizas (Cuadro 4.15) y semillas infectadas (Cuadros 4.9 y 4.11) produjeron valores bajos de peso fresco de raíz en la cámara chica de mayor contenido de humedad, ambiente favorable para el desarrollo del inóculo inicial presente en los substratos; sin embargo, la pérdida de peso fresco de raíz en las toallas Sanitas en sus dos modalidades, por ser los substratos que presentaron los valores

estadísticamente inferiores de semillas infectadas, se debe principalmente a la poca humedad disponible ocasionada por contenidos en dichos papeles. Sin embargo, papeles como el Anchor delgado, Delgado de rollo y U. S. Sanitary con valores intermedios de semillas infectadas, cantidad de agua para saturación y pérdida de humedad presentaron valores muy bajos de peso fresco de raíz, en donde probablemente por lo óptimo de las condiciones, no se estimuló el crecimiento radicular.

Los papeles de textura gruesa tales como: Anchor grueso, Rollo grueso y la Sanita doble que necesitaron la mayor cantidad de agua para saturarse (Cuadro 4.14), sin embargo, fueron los que la perdieron rápidamente al colocarse en la cámara grande (Cuadro 4.16), razón por la cual en los papeles gruesos y en las toallas secantes compuestas se observan valores de peso fresco de raíz en la cámara grande muy superiores a los de la chica que logró mantener las condiciones (Figuras 4.3 y 4.4).

El peso fresco de la plántula completa fue superior estadísticamente en la cámara chica (Cuadros 4.5 y 4.7), en donde parece que las condiciones de humedad que se mantienen en ésta son la diferencia, por encontrarse valores menores de pérdida de agua en dicha cámara (Cuadro 4.16). Comportamiento similar al de peso fresco del vástago se presentó con esta variable, por ser el vástago la parte de mayor peso húmedo, por lo cual la anterior

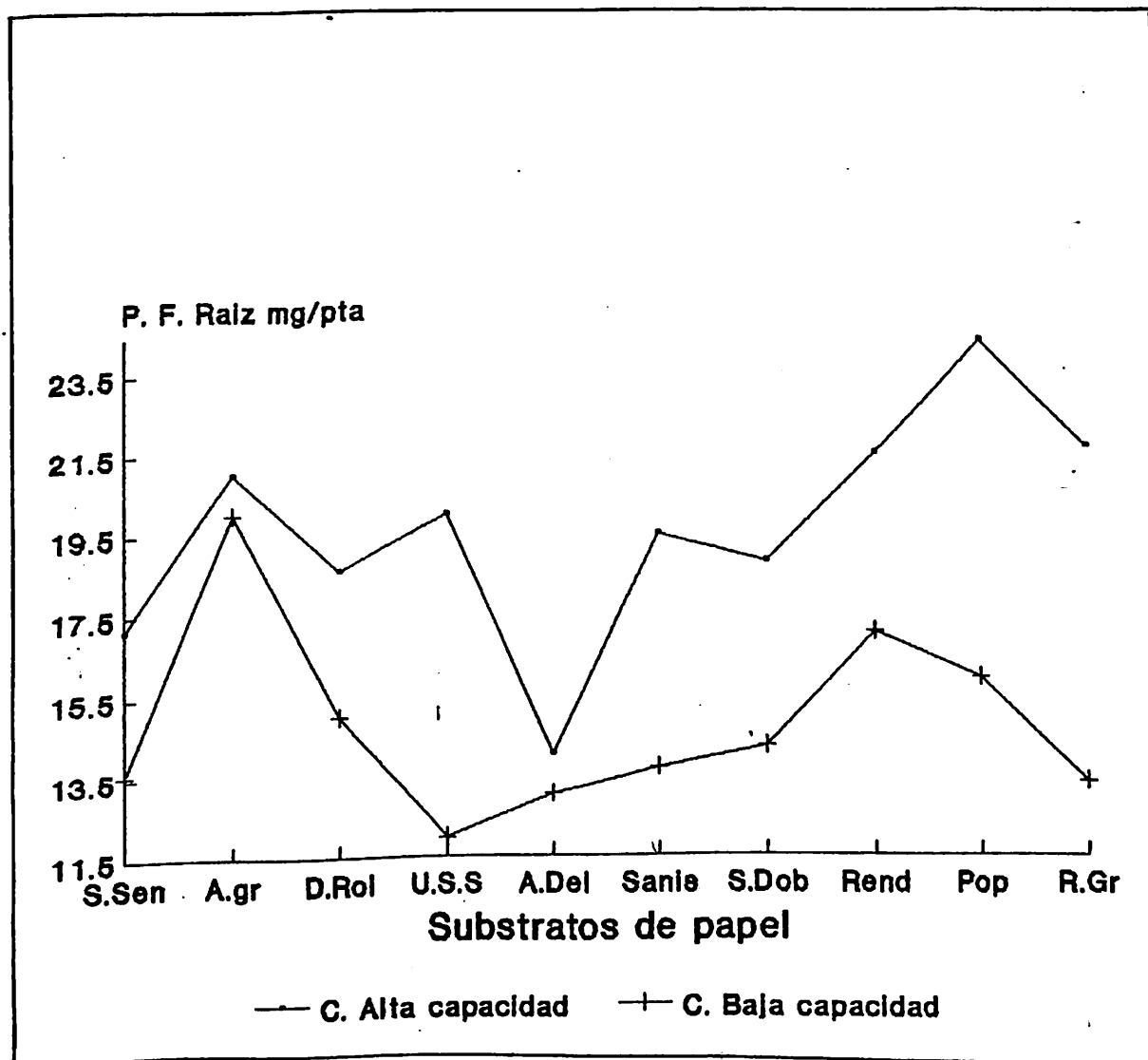


Figura 4.3. Peso fresco de raíz obtenido en la prueba de germinación de semilla de sorgo en diez substratos de papel colocados en dos cámaras germinadoras (Experimento I).

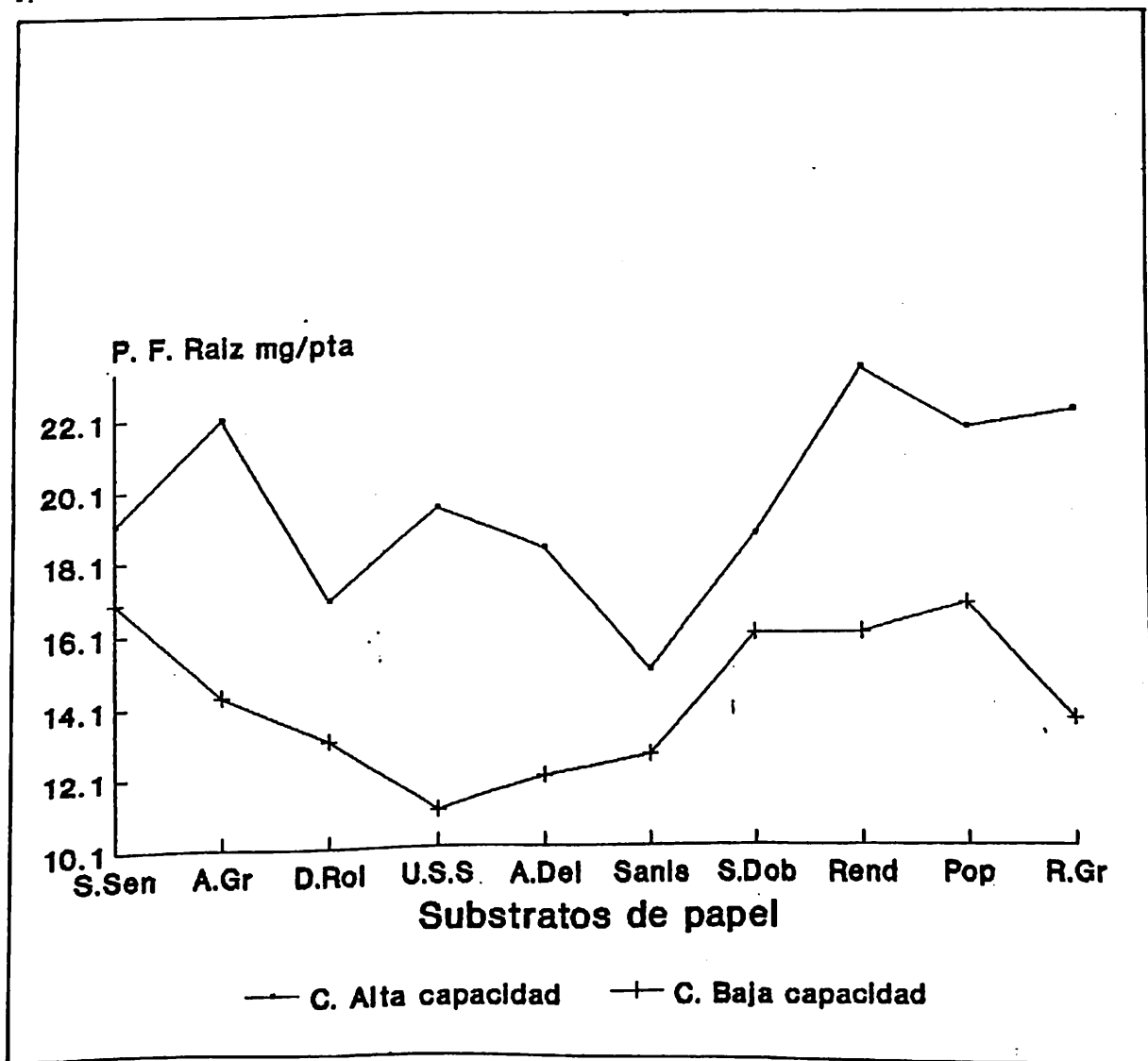


Figura 4.4. Peso fresco de raíz obtenido en la prueba de germinación de semillas de sorgo en diez substratos de papel colocados en dos cámaras germinadoras (Experimento II).

superioridad en peso es mantenida al evaluarse como peso fresco de la plántula completa.

Entre substratos se encuentran diferencias estadísticas para esta variable (Cuadros 4.9 y 4.11); presentando los valores más altos los papeles: Sanitas en sus dos modalidades, Anchor grueso y el Delgado de rollo, en donde a los tres primeros se les aplicó la mayor cantidad de agua para saturarse, lo cual corrobora el efecto significativo del nivel de humedad para mantener el peso fresco de plántula, presentando los valores más bajos la toalla Sanisol. En las Figuras 4.5 y 4.6 se observa su comportamiento dentro de cada cámara, en donde este papel en la cámara grande presentó el valor más bajo (Figura 4.6), lo cual se debió posiblemente al efecto del grado de sanidad del substrato (Cuadros 4.9 y 4.11) y a la poca humedad disponible debida a la pérdida en la cámara grande. Además en la pequeña cantidad de agua absorbida por el papel se diluye la porción de cenizas contenida en este substrato (3.8 por ciento), resultando, bajo estas condiciones una alta concentración de la solución formada. Devlin (1980) menciona que cuando se le aplica un soluto al agua se disminuye su presión de difusión, lo cual posiblemente ocurrió en este substrato y como resultado hubo poco crecimiento de plántula afectando el peso fresco de ésta.

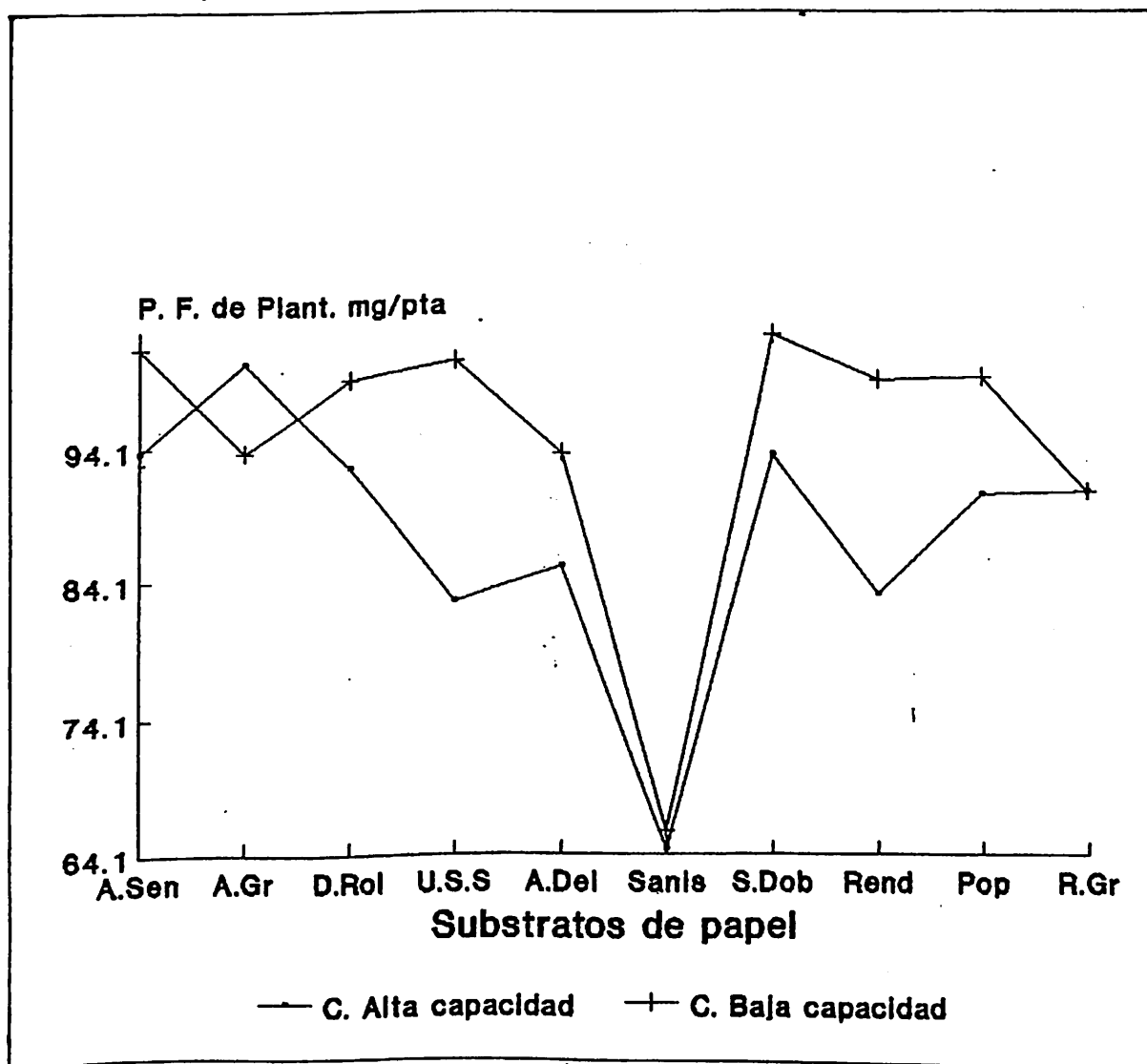


Figura 4.5. Peso fresco de plántula obtenido en la prueba de germinación de semilla de sorgo en diez substratos de papel colocados en dos cámaras germinadoras (Experimento I).

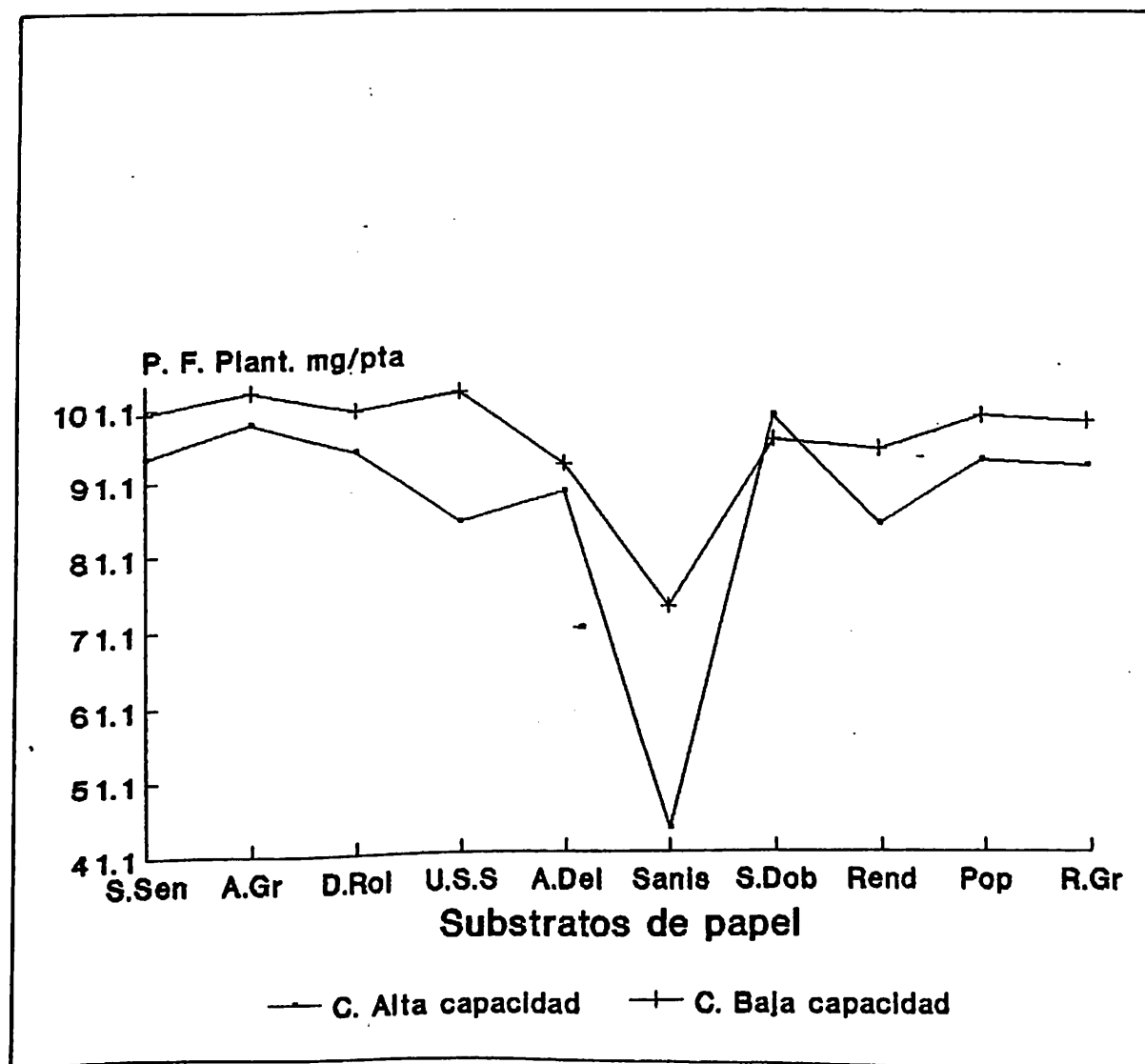


Figura 4.6. Peso fresco de plántula obtenido en la prueba de germinación de semilla de sorgo en diez - substratos de papel colocados en dos cámaras germinadoras (Experimento II).

Como resultado del buen desarrollo de las plántulas en la cámara chica, expresado en peso fresco total el peso seco fue superior en dicha cámara (Cuadro 4.6), pues ésta, mantiene el nivel de humedad de cada substrato. Lo anterior parece indicar que las condiciones para germinación formadas en las dos cámaras no son tan drásticas como para afectar al total de germinación, sin embargo, pudieran enmascarar el potencial fisiológico real de los lotes, al resultar más óptimas las condiciones formadas en la cámara chica, ya que en la grande se tienen fuertes pérdidas de humedad.

En cuanto al comportamiento del peso seco entre substratos durante los dos experimentos (Cuadros 4.8 y 4.10), los papeles Anchor delgado y Delgado de rollo presentaron valores altos los cuales posiblemente se favorecieron por el nivel de humedad, formado con las cantidades intermedias de agua para saturación (Cuadro 4.14) y las pérdidas no extremosas de humedad que éstos presentaron, y que formaron condiciones de humedad más óptimas para germinación que se presentaron durante el experimento. Por lo anterior, parece ser que las condiciones favorables de germinación en estos substratos se mantienen, observándose en las Figuras 4.7 y 4.8 pesos secos similares, indistintamente de la cámara que se utilizó, siendo posiblemente la textura y la forma como se usaron los factores que provocaron pérdidas de humedad

intermedias, sin llegar a los extremos de exceso o falta de humedad.

El papel Anchor grueso también presentó valores muy altos de peso seco de plántula, pero no mostró consistencia entre experimentos, lo cual posiblemente se debió a que es el substrato que presentó mayor pérdida de agua (Cuadro 4.17), siendo más drástica ésta en la cámara grande.

Los papeles: U. S. Sanitary, Sanitas sencilla y el Popular, presentaron también comportamiento aceptable de peso seco de plántula y consistencia entre experimentos (Figuras 4.7 y 4.8), con pérdidas intermedias de humedad, con estos resultados se fortalece lo mencionado en los papeles Anchor delgado y Delgado de rollo, en donde parece ser que la textura intermedia mantiene niveles adecuados de humedad para la prueba de germinación en semilla de sorgo.

El comportamiento de peso seco de plántulas más drástico dentro de los substratos se obtuvo en los papeles Sanisol y Sanita doble; en el caso de la toalla Sanisol por formar el taco con capas muy delgadas los niveles de humedad proporcionados durante la prueba, no son adecuados principalmente en la cámara grande, por mayor pérdida de agua; además del efecto producido por la solución osmótica formada por la porción mineral en la poca agua contenida en el "taco"; la sanidad del substrato es otro factor que contribuyó a tal comportamiento, al presentar este papel

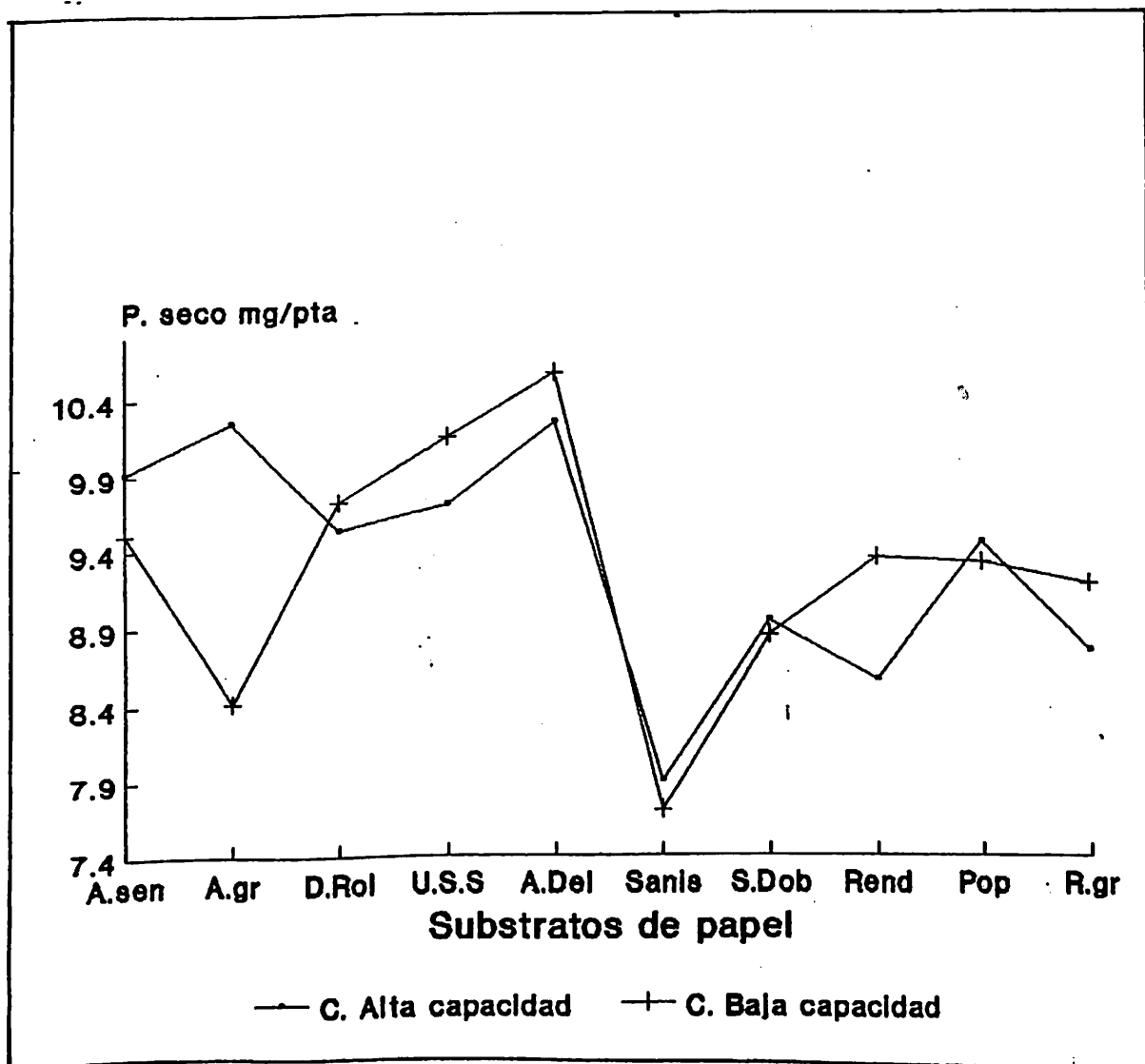


Figura 4.7. Peso seco de plántula obtenido al sembrar semilla de sorgo en diez substratos de papel colocados en dos cámaras de germinación (Experimento I.).

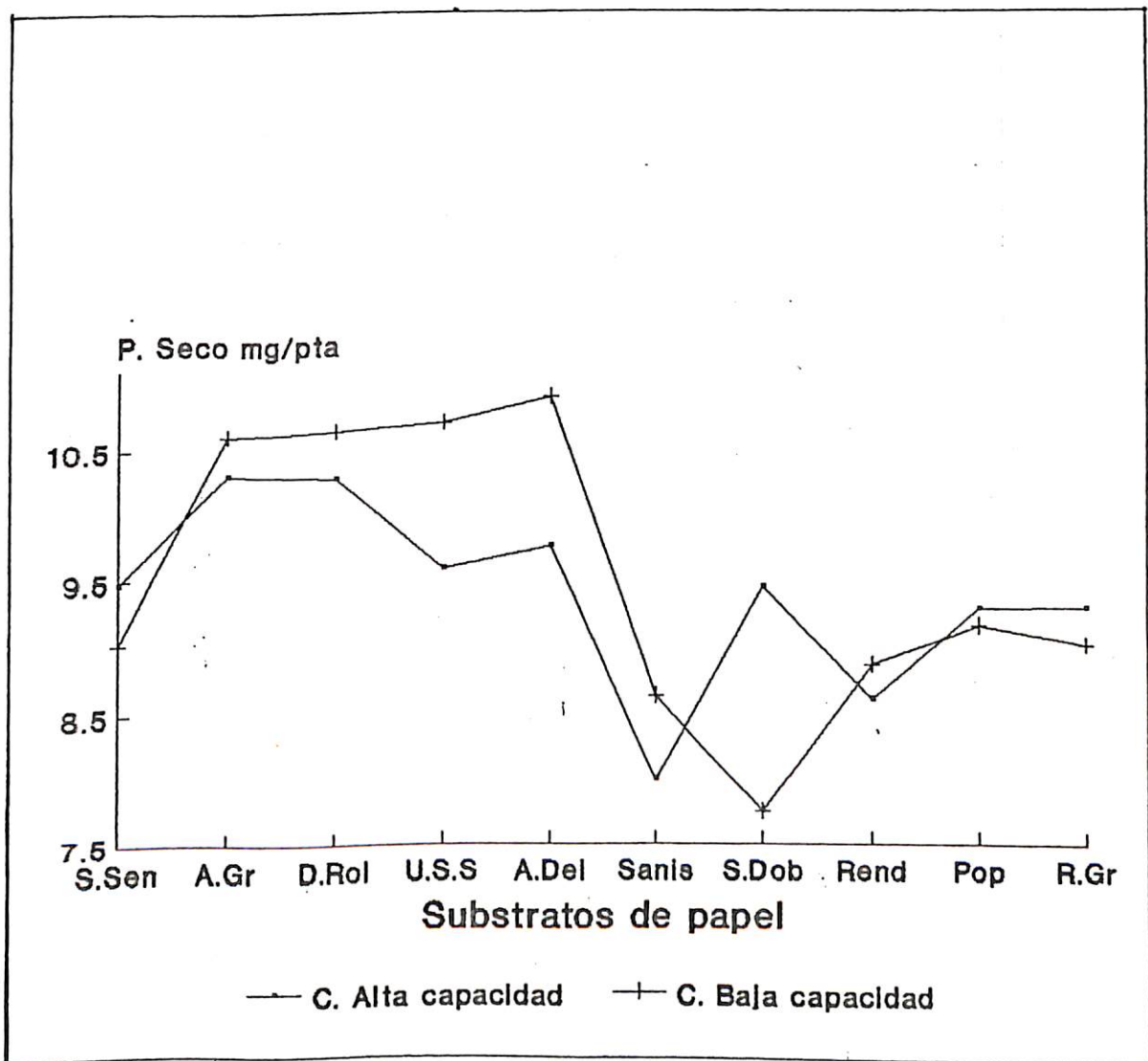


Figura 4.8. Peso seco de plántula obtenido al sembrar semilla de sorgo en diez substratos de papel colocados en dos cámaras de germinación (Experimento II).

los valores más altos de infección de semillas (Cuadros 4.9 y 4.11). La ISTA (1985) menciona que en la prueba de germinación deben utilizarse materiales y condiciones asépticas, por lo anterior, la toalla Sanisol no reúne dichas características. El bajo peso seco obtenido en la toalla Sanita-doble, que presentó un alto grado de sanidad, fue ocasionado por la gran concentración de la solución osmótica que se formó con la cantidad de solutos presentes en ésta toalla, ya que cuando se utilizó en la modalidad de toalla doble y por la pérdida de humedad durante la prueba, el potencial osmótico fue más negativo y la disponibilidad de humedad se redujo (Devlin, 1980), lo cual probablemente ocasionó un retraso en la velocidad de desarrollo de las plántulas, dando como resultado valores bajos de peso seco, resultados similares obtuvo Evans y Stickler (1961) al sembrar semilla de sorgo en tensiones de humedad de cero y cinco atmósferas.

Emergencia en Campo e Invernadero

Al comparar la germinación normal con la emergencia bajo condiciones de campo y con la obtenida en arena bajo invernadero, se observó la superioridad estadística obtenida en los papeles: Anchor delgado, Delgado de rollo y U. S Sanitary la que se debió a que mantuvieron condiciones de germinación más favorables que las de la arena en el invernadero (Cuadro 4.13). Sin embargo, las condiciones que se presentaron en campo fueron estadísticamente más

Cuadro 4.12. Significancias de las plántulas normales obtenidas en los diez sustratos de papel en las cámaras grande y chica y emergencia en arena y suelo.

F. V.	% P. N. C. Grande	% P. N. C. Chica
Factor A	**	**
Factor B	**	**
AxB	*	*
C. V.	4.96	4.70

A = Lotes de semilla
B = Sustratos

* = Significativo (P < 0.05)
** = Significativo (P < 0.05)

Cuadro 4.13. Comparación de medias resultantes de los diez sustratos de papel con la emergencia en arena y suelo.

Sustratos	% P. N. C. Grande	% P. N. C. Chica
Sanita sencilla	81.76 BC	80.81 B
Anchor grueso	84.83 AB	81.07 B
Delgado de rollo	82.01 BC	83.75 AB
U. S. Sanitary	85.72 A	83.37 AB
Anchor delgado	84.93 AB	84.80 A
Sanisol	81.87 BC	83.68 AB
Sanita doble	82.20 ABC	81.45 AB
Rendidor	80.69 C	80.69 B
Popular	80.50 C	82.18 AB
Rollo grueso	82.54 ABC	81.49 AB
Arena en invernadero	81.76 BC	81.76 AB
Suelo en campo	73.99 D	73.99 C
Tukey (0.05)	2.65	2.81

drásticas que las obtenidas en los diferentes papeles colocados en cualquier cámara, observándose que al utilizar papeles de buena calidad en la prueba de germinación, se obtienen condiciones más óptimas que cuando el substrato es arena o suelo como lo menciona la ISTA (1985).

Características de Manejo

En la variable Número de "tacos" rotos que evalúa el grado de facilidad para manejar el substrato papel durante la formación del "taco", los resultados muestran que las toallas Sanitas en sus dos modalidades, presentaron poca resistencia al manejo, presentando los valores más altos estadísticamente de "tacos" rotos (Cuadro 4.14), lo cual refleja la dificultad que este tipo de toalla presentó durante su manejo, ya que en estos papeles más del 50 por ciento de los "tacos" que constituyen la unidad experimental (28 tacos) resultaron con al menos una toalla rota. Tal fragilidad de resistencia de los anteriores substratos también se reflejó al final del ensayo, en donde los porcentajes más altos estadísticamente de radículas y vástagos atravesando el papel, se presentaron en la toalla Sanita sencilla (Cuadro A.2). Sin embargo, cuando se utilizó en la modalidad de toalla doble esta presentó valores estadísticamente menores lo cual no indica que en esta forma de uso hubo menos plántulas atravesando el papel, lo que sucedió es que por el grosor del substrato las plántulas encontraron mayor dificultad para atravesar

completamente, pero el desarrollo entre toallas sucedió, sin llegar muchas veces a la capa exterior que fue en donde se contabilizaron las estructuras que la atravesaron. Por lo anterior, en la evaluación del ensayo se presentó dificultad para separar las plántulas del substrato, pues al separarlas, principalmente la raíz tiende a sufrir daños, lo cual provoca que la evaluación se prolongue por mayor tiempo y en los casos extremos por la eliminación de alguna estructura ocasionada al abrir los tacos, se puede inducir a lecturas erróneas.

Los papeles tipo Anchor presentaron el mayor grado de facilidad de manejo durante la prueba, por su alto grado de resistencia a romperse cuando están húmedos (Cuadro 4.14) y para ser atravesados por las estructuras de las plántulas (cuadro A.2), característica que deben de reunir los substratos de papel (Colbry, 1965) y que permiten al analista mayor facilidad de manejo al formar los "tacos" de germinación y de su posterior evaluación.

Con respecto a la variable Tiempo de mojado el papel U. S. Sanitary presentó la mayor resistencia para alcanzar la saturación completa de agua, al requerir de 6.4 min para saturar las toallas de la unidad experimental (para 28 tacos), mientras que el Anchor delgado necesitó únicamente 0.6 min para lograr su saturación total (Cuadro 4.14), tal comportamiento parece indicar que la resistencia a la saturación por los substratos, está relacionada con el

Cuadro 4.14. Comparación de medias de algunas características físicas y de manejo de los diez substratos de papel usados en la prueba de germinación.

Substratos	Saturación Inicial(ml)	Tiempo de Mojado(min)	No Tacos Rotos	Ascensión Capilar(mm)
S.sencilla	1043.38 C	4.62 B	16.00 A	3.22 C
A. Grueso	1652.39 A	1.15 EF	0.00 D	6.00 A
D. de Rollo	857.79 EF	3.41 BC	7.50 B	3.87 B
U.S.Sanitary	911.00 DE	6.42 A	6.25 BC	2.22 D
A. Delgado	963.00 D	0.60 F	0.00 D	6.07 A
Sanisol	547.50 G	2.87 CD	1.50 BCD	2.70 CD
S. Doble	1577.52 B	4.50 B	20.00 A	3.22 C
Rendidor	804.00 F	2.19 CDE	6.00 BCD	3.02 C
Popular	942.12 D	1.74 DEF	0.50 CD	3.20 C
R. Grueso	877.25 E	1.57 DEF	0.00 D	3.20 C
Tukey (0.05)	54.81	1.38	6.21	0.52

Cuadro 4.15. Comparación de medias de algunas características químicas de diez substratos de papel usados en la prueba de germinación.

Substratos	pH	Cenizas %	Azufre %
S. Sencilla	7.30 BC	7.05 A	0.08 AB
A. Grueso	6.86 D	0.61 H	0.04 B
D. de Rollo	7.53 AB	6.26 B	0.07 AB
U.S.Sanitary	6.03 E	3.62 E	0.15 A
A. Delgado	7.03 CD	0.55 I	0.05 B
Sanisol	5.00 F	3.79 D	0.05 B
S. Doble	7.40 AB	7.06 A	0.08 AB
Rendidor	7.46 AB	2.84 G	0.08 AB
Popular	7.60 A	2.99 F	0.10 AB
R. Grueso	7.40 AB	6.07 C	0.08 AB
Tukey (0.05)	0.28	0.19	0.74

movimiento del agua en los papeles cuando estos se colocan en un recipiente con suficiente agua para lograr su saturación y con su porocidad; así los papeles tipo anchor con textura aspera que lograron su saturación en menor tiempo, alcanzaron los valores más altos de ascensión capilar (Cuadro 4.14), mientras que el U. S. Sanitary de textura lisa solamente presentó un incremento de 0.2 cm cuando se colocaron paralelamente tiras de este papel sobre dos cm de agua. La facilidad de saturación de humedad de los substratos es de importancia para mantener niveles uniformes de humedad en los substratos durante la prueba, asimismo al acortar el tiempo de remojo, hace más dinámico el ensayo de germinación para el analista.

Dentro de la prueba de reuso medida mediante el número de semillas infectadas parece ser que cuando se vuelve a utilizar un substrato de papel en el que anteriormente ya se había realizado una prueba de germinación, se tendrá mayor riesgo de infección en las semillas; lo anterior resultó al comparar los valores de semillas infectadas en los diferentes substratos al reutilizarse (Cuadro 4.17), con los obtenidos en los Cuadros 4.9 y 4.11 del primer ensayo, en donde en el papel de reuso se incrementó el nivel de infección en los diferentes substratos. Esto es importante pues los niveles altos de infección del papel inducen a confusión durante la evaluación de las plántulas, al verificar el origen primario o secundario del inóculo (ISTA, 1976) y que

Cuadro 4.16. Comparación de medias de las variables: reuso (% de semillas infectadas) y gasto de agua durante la prueba en el factor cámaras.

Cámara	Reuso S. I. %	Gasto de Agua ml
Grande	32.71 A	8.67 A
Chica	19.12 B	2.47 B
Tukey (0.05)	1.32	0.22

Cuadro 4.17. Comparación de medias de las variables: reuso (% semillas infectadas) gasto de agua durante la prueba en el factor substratos.

Substratos	Reuso S. I. %	Gasto de Agua ml
S. Sencilla	18.44 CD	5.59 BCD
A. Grueso	21.85 C	6.65 A
D. de Rollo	19.57 CD	6.19 ABC
U.S.Sanitary	19.56 CD	5.15 D
A. Delgado	20.69 CD	5.27 D
Saniso	55.32 A	3.31 E
S. Doble	16.63 D	6.32 AB
Rendidor	19.11 CD	5.06 D
Popular	19.55 CD	5.54 CD
R. Grueso	47.79 B	6.61 A
Tukey (0.05)	4.58	0.78

posiblemente inducen anomalías, habiendo congruencia con lo prescrito en la ISTA (1985) que recomienda utilizar durante el ensayo materiales asépticos.

Características Químicas

Dentro de las características químicas evaluadas (Cuadro 4.15), el rango de pH para la mayoría de los substratos probados, estuvieron dentro del recomendado (6.0-7.5), excepto para el papel Popular que resultó con reacción ligeramente alcalina y para la toalla Sanisol que presentó un pH de 5.0, lo que posiblemente favoreció el desarrollo de contaminantes fungosos los cuales elevaron el por ciento de semillas infectadas en dicho papel (Cuadros 4.9 y 4.11).

Con relación al contenido de cenizas (Cuadro 4.15) solamente los papeles tipo Anchor presentaron valores acordes a los recomendados por Colbry (1965); los restantes substratos presentaron contenidos de cenizas muy superiores al uno por ciento sugerido por dicho autor; el mayor contenido de cenizas estadísticamente se presentó en las toallas tipo Sanitas las cuales resultaron con siete por ciento de porción mineral.

Para el caso del contenido de azufre (Cuadro 4.15) los 10 substratos presentaron cantidades tan pequeñas, por

lo que se considera que este elemento no afectó el proceso de germinación.

Finalmente la toxicidad de los papeles, medida mediante la prueba al sembrar semilla del pasto *E. lehmanniana*, mostró que el comportamiento de la germinación en los papeles evaluados, fue similar a lo encontrado en sorgo, pero en la semilla de este pasto el efecto de los papeles resultó más drástico, las altas significancias de las variables para esta prueba (Cuadros 4.18 y 4.19) apoyan lo anterior.

Así en el Cuadro 4.20 se muestran grandes contrastes de germinación principalmente al comparar los valores obtenidos con el testigo papel Whatman número dos que presentó 62.7 por ciento de plántulas normales, mientras que en el U. S. Sanitary y la toalla Sanisol fue de 9.2 y 7.6 por ciento respectivamente. También los papeles tipo Anchor presentaron una diferencia inferior del 50 por ciento de germinación que la obtenida en el testigo, lo cual indica que aún en estos papeles las condiciones de germinación para semillas pequeñas no son del todo favorables. Wright (1973) encontró también diferencias en germinación cuando colocó semillas de *E. lehmanniana* en diferentes substratos de papel filtro, en donde en el Whatman número dos obtuvo el más alto por ciento de germinación.

En el papel Whatman número dos se presentaron los valores más altos de plántulas normales vigorosas y poco vigorosas (Cuadro 4.20), lo cual indica que dicho substrato presenta condiciones favorables para la germinación, en donde el lote de semillas expresó mejor su potencial de germinación.

En los restantes papeles se encontró una sensible pérdida de plántulas normales y de vigor, así como un fuerte incremento en el porcentaje de semillas muertas (Cuadro 4.21), esto fue más drástico en los papeles: Sanisol, U. S. Sanitary, Delgado de rollo, Rollo grueso y en las toallas Sanitas; tal efecto se relaciona con los índices de infección en estos substratos (Cuadro 4.21) y con sus contenidos de solutos.

En las toallas Sanisol y U. S. Sanitary que presentan el mayor grado de infección y contenidos de cenizas de 3.8 por ciento, la reducción en la germinación posiblemente se debió a un efecto combinado de la sanidad y del contenido de solutos de dichos substratos; mientras que en el Delgado de rollo por sus altos porcentajes de cenizas (6.3) y su aceptable nivel de sanidad, posiblemente la caída se debió al efecto del potencial osmótico negativo que se formó al diluirse los solutos presentes en dicho papel, ocasionando niveles muy bajos de humedad disponible.

Cuadro 4.18. Cuadrados medios de las variables: plántulas normales vigorosas, poco vigorosas y totales obtenidas durante la prueba de toxicidad de substratos de papel.

F. V.	G. L.	P.N.Vigorosas %	P.N.Poco Vigorosas(%)	P.N.Totales %
Trat.	9	364.12**	56.28**	450.85**
E. E.	30	17.33	11.01	18.18
Total	39			
C. V.		17.05	25.77	15.38

Cuadro 4.19. Cuadrados medios de las variables: plántulas anormales, semillas muertas y del grado de infección obtenidas durante la prueba de toxicidad de substratos de papel.

F. V.	G. L.	P.Anormales %	S.Muertas %	Grado de Infección(1-5)
Trat.	9	16.44 ^{NS}	454.90**	5.61**
E. E.	30	9.28	16.02	0.23
Total	39			
C. V.		31.98	6.63	21.46

NS = No significativo

* = Significativo (P < 0.05)

** = Significativo (P < 0.01)

Cuadro 4.20. Comparación de medias de las variables: plántulas normales vigorosas, poco vigorosas y totales de la prueba de toxicidad de substratos de papel.

Substrato	P.N.Vigorosas %	P.N.Poco Vigorosas(%)	P.N.Totales %
Whatman No.2	52.30 A	11.14 A	62.70 A
Sanitas	13.19 BCDE	3.72 C	16.17 CDE
A. Grueso	22.72 BC	5.04 ABC	32.31 B
D. de Rollo	12.00 BCDE	10.06 AB	13.83 DE
U.S.Sanitary	7.43 DE	2.68 C	9.25 E
A. Delgado	25.45 B	2.72 C	31.18 BC
Sanisol	4.68 E	6.37 ABC	7.60 E
Rendidor	15.55 BCD	2.63 C	17.63 BCDE
Popular	21.30 BC	3.00 C	23.64 BCD
R. Grueso	10.07 CDE	5.68 ABC	15.25 DE
Tukey (0.05)	10.05	8.01	10.29

Cuadro 4.21. Comparación de medias de las variables: semillas muertas y grado de infección durante la prueba de toxicidad de substratos de papel.

Substratos	S. Muertas %	Grado de Infección(1-5)
Whatman No. 2	35.04 D	1.50 CD
Sanitas	81.51 AB	2.50 BC
A. Grueso	62.31 C	1.00 D
D. de Rollo	85.76 AB	1.50 CD
U.S.Sanitary	87.35 AB	3.50 B
A. Delgado	62.55 C	1.75 CD
Sanisol	89.82 A	5.00 A
Rendidor	81.53 AB	1.75 CD
Popular	76.11 BC	1.75 CD
R. Grueso	82.03 AB	2.25 C
Tukey (0.05)	9.66	1.16

Dubeck y Peacock (1985) encontraron en semillas de *L. perenne* una relación inversa de la velocidad de germinación con el grado de concentración de la solución, sin llegar a afectar el total de germinación; sin embargo, en *E. lehmanniana* el efecto de los solutos de los papeles además de afectar el vigor, puede inducir la muerte de las semillas y como tal reducir el por ciento de germinación del lote a evaluar.

Correlación de Variables

En el Cuadro 4.22 se presentan las asociaciones significativas y altamente significativas que presentaron las diferentes variables estudiadas, las cuales parecen indicar lo siguiente:

Las asociaciones negativas que presentó la variable plántulas normales con las plántulas anormales y las semillas muertas son lógicas, debido a que cada "taco" de germinación consistió de 100 semillas, entonces al darse un cambio en el número de plántulas anormales y semillas muertas se afectó inversamente al por ciento de germinación.

Asimismo parece ser que el contenido de cenizas de los substratos induce anomalías en las plántulas, así lo indica la correlación positiva y significativa obtenida entre esta variable y plántulas anormales, esto se

Cuadro 4.22. Asociaciones significativas y altamente significativas de las variables estudiadas en los substratos de papel durante la prueba de germinación.

Correlaciones simples	Valor de Correlación	Significancias
P. Normales	-0.79	**
" " "	-0.66	*
P. Anormales	0.69	*
P. S. de plántulas	0.73	*
" " "	0.63	*
" " "	-0.63	*
P. F. de Vástago	0.97	**
" " " "	-0.89	**
" " " "	0.78	**
" " " "	0.78	**
" " " "	-0.82	**
P. F. de plántulas	-0.88	**
" " "	0.64	*
" " "	0.85	**
" " "	0.83	**
" " "	-0.80	**
S. Infeccionadas	0.91	**
" " "	0.66	*
Tiempo de Mojado	0.92	**
Vástagos Atrav. Pap.	0.69	*
" " "	0.73	*
Raíces Atrv.Pap.	0.68	*
Sat. Inicial	0.66	*
Tiempo de Mojado	-0.69	*
P.Tox.P.Normales		

* = Significativo (P < 0.05)

** = Significativo (P < 0.01)

corroborara con los valores obtenidos en los papeles del tipo Anchor que presentaron los contenidos más bajos de cenizas, y los de las toallas Sanitas con mayor contenido de solutos, los cuales presentaron la menor y mayor cantidad de plántulas anormales respectivamente (Cuadros 4.8 y 4.10). También al asociarse negativamente el contenido de cenizas con las plántulas normales obtenidas en la prueba de toxicidad se confirma el efecto de la porción mineral de los substratos sobre la germinación de las semillas, lo encontrado por Peterson y Cooper (1979) apoya la anterior aseveración.

La parte aérea de la plántula conformada por el vástago, fue de mayor peso fresco que el sistema radicular, por lo cual cuando aumentó o disminuyó el peso fresco de esta estructura, se modificó directamente el peso fresco total de plántula, así lo indica la asociación positiva altamente significativa que entre dichas variables se presentó; por lo cual, si algún factor afecta al peso fresco este efecto se expresará en el del vástago y en el peso total de plántula, razón por la cual estas variables presentan asociaciones similares con otras. Lo anterior se comprueba con las correlaciones negativas altamente significativas de los pesos frescos con el por ciento de semillas infectadas cuando se utilizaron substratos nuevos, así como cuando se reutilizaron, estas correlaciones indican la necesidad de desarrollar el ensayo de germinación bajo condiciones asépticas o de lo contrario

los patógenos presentes influirán negativamente en el desarrollo de las plántulas.

Parte del agua que se pierde en los substratos es transformada a peso fresco de plántula, esto lo indica la asociación que presentaron el peso fresco de vástago y el peso total de plántula con los ml perdidos en las cámaras durante la prueba, esta observación adquiere importancia principalmente cuando se evalúa la germinación de cultivos de semilla grande, las cuales requieren de mayores cantidades de agua y como tal de un substrato adecuado que mantenga el nivel de humedad óptimo durante el ensayo, y mantener así a la semilla en germinación o la plántula en desarrollo para que expresen su potencial real de calidad fisiológica.

Las asociaciones que presentó la variable peso seco con los pesos frescos de vástago y total de plántula indican que un adecuado desarrollo de la plántula durante la prueba, se traduce en un incremento de peso seco, de ahí la importancia de mantener en lo más posible durante el ensayo las condiciones de germinación favorables, principalmente cuando se requiere tomar el peso seco de las plántulas como una prueba de vigor, en donde los diversos factores externos pudieran afectar su expresión, tal como lo indica la asociación negativa que presentó la variable peso seco con el por ciento de semillas infectadas, en

donde los patógenos presentes afectaron el desarrollo de las plántulas y como tal su peso seco.

La asociación positiva de las semillas infectadas resultantes al sembrar en substratos nuevos con las obtenidas al reutilizarlos, corrobora lo mencionado al describir los resultados obtenidos en el Cuadro 4.17 en donde el inóculo inicial de los diferentes substratos se incrementa cuando éstos se reutilizan.

En cuanto a las asociaciones que presentaron las variables de manejo en los substratos, se presentó la obtenida por el tiempo de mojado y la ascensión capilar, la cual indica que la ascensión capilar está directamente relacionada con la facilidad de saturación de los diferentes substratos. En donde los papeles del tipo Anchor necesitaron aproximadamente un minuto para alcanzar su saturación mientras que la toalla U. S. Sanitary requirió hasta seis minutos; comportamiento inverso se presentó con la variable ascensión capilar para estos substratos.

Al asociarse positivamente las variables de vástagos y raíces atravesando el papel entre sí y con la de número de tacos rotos, parecen indicar que estas variables se relacionan con la resistencia de los substratos para ser atravezados por la plúmula o la radícula, o para romperse por el manejo durante el desarrollo del ensayo de germinación. Por lo cual para mayor agilidad de siembra y

evaluación de los tacos se deben utilizar substratos
resistentes (Colbry, 1965)

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y con relación a los objetivos planteados, en el presente estudio se puede concluir lo siguiente:

1. El porcentaje de germinación (plántulas normales) sí es afectado por el tipo de papel utilizado en la prueba de germinación.
2. Los papeles que favorecieron una mejor germinación fueron el Anchor delgado, Delgado de rollo y el U. S. Sanitary. Siendo en el Sanisol, Sanita doble y Rollo grueso donde se afectó el proceso de germinación.
3. El grado de sanidad de los papeles así como su contenido de cenizas afectaron el proceso de germinación de la semilla.
4. El papel tipo Anchor delgado resultó el mejor en manejo durante la siembra y evaluación de plántulas.
5. El papel Delgado de rollo resultó ser una buena alternativa para la prueba de germinación por su facilidad en el manejo y por permitir resultados confiables en las variables de germinación.

6. El nivel de humedad mantenido en los substratos y cámaras es el factor más importante durante la prueba de germinación.
7. El papel tipo Anchor grueso presentó condiciones muy favorables para germinación en la cámara grande con ventilación, al no presentar el alto nivel de humedad que mantuvo durante la prueba en la cámara chica.
8. En la cámara de alta capacidad con ventilación y en los papeles de textura gruesa que presentan mayor pérdida de humedad, se tiene un mayor desarrollo de radículas.
9. El papel Anchor delgado y el Delgado de rollo permitieron reproducibilidad de resultados, independientemente de la cámara que se utilizó.

RESUMEN

El análisis o ensayo de lotes de semillas es una de las medidas de aseguramiento y control de calidad, a la que la industria semillera da cada día mayor importancia, siendo la prueba de germinación estandar el principal criterio para evaluar y garantizar la calidad de lotes de semilla. En ocasiones algunos laboratorios de análisis de semillas en México no siguen con exactitud las recomendaciones de las Reglas de Análisis, al carecer de los materiales prescritos y de un control preciso de las condiciones óptimas de la prueba, tal es el caso del substrato papel recomendado, por su alto costo y dificultad de importar, el cual se sustituye por algunos tipos de toallas secantes de uso común en limpieza, así como la diversidad de equipo germinador utilizado.

Por lo anterior el presente trabajo tuvo como objetivos determinar la confiabilidad de diferentes papeles utilizados en la prueba de germinación estandar, determinar la confiabilidad de condiciones de dos cámaras germinadoras de diferente capacidad y operación y determinar el grado de reproducibilidad de los substratos y condiciones de cámaras.

Por ello se evaluaron siete papeles nacionales y dos papeles recomendados de importación en la prueba de germinación estandar en siete lotes de semilla de sorgo de diferente calidad, colocándose la prueba en dos diferentes cámaras de germinación, de alta capacidad y a temperaturas alternas y luz artificial y germinadora de baja capacidad, temperatura constante y luz natural. Se analizaron variables de la prueba de germinación, así como características de manejo y químicas de los papeles. Analizando los resultados en un diseño completamente al azar con arreglo factorial de tres factores y cuatro repeticiones.

Teniéndose como conclusión que el porcentaje de germinación sí es afectado por el tipo de papel utilizado, siendo los papeles que mejor se comportaron el Anchor delgado (de importación) y los nacionales Delgado de rollo y U. S. Sanitary y afectando el proceso de germinación el Sanisol, Sanita doble y Rollo grueso. Con respecto a las cámaras las condiciones que proveyeron principalmente de humedad dependieron del tipo de papel utilizado, teniéndose reproducibilidad de resultados en el papel Anchor delgado y mostrando los papeles de textura gruesa exceso de humedad en la cámara de baja capacidad y siendo los papeles de textura ligera donde se tuvo estrés de humedad en la cámara de alta capacidad.

LITERATURA CITADA

- Aisien, A. O. and B. P. Ghosh. 1978. Preliminary studies of the germination behaviour of guinea corn (*Sorghum vulgare*). J. of the Sci. of Food and Agriculture. 29 (10): 851- 852. U. S. A.
- Association of Official Analytic Chemists (AOAC). 1980. Official Methods of the Association of Analytical Chemists. 30 ed. William Horwitz editor. Washington, U.S.A. pp. 38, 146.
- Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1978. Rules for testing seeds. J. of Seed Technol. 3 (3): 1- 126. U. S. A.
- Berlyn, P. G. 1972. Seed germination and morphogenesis. In: Kozlowski, T. T. (Ed.) Seed Biology Vol II Academic Press. U.S.A. pp. 223- 304.3- 304.
- Bewley, J. D. and M. Black. 1982. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination: Viability, dormancy and environmental control. Ed. Springer-Verlag New York. U.S.A. 2: 226- 339.
- Bidwel, S. G. R. 1979. Fisiología vegetal. AGT Editor. México, D.F. pp. 77, 454-457.
- Bradbeer, J. W. 1988. Seed dormancy and germination. Ed. Chapman and Hall New York. pp. 1- 37. U. S. A.
- Colbry, L. V. 1965. Specifications for paper substrata. Proc. Int. Seed Test. Ass. 30 (2): 236- 243. Hollande.
- Copeland, L. O. and M. B. McDonald. 1976. Principles of seed science and technology. Ed. Burgess Publishing Company. Minneapolis, Minnesota, U. S. A.. pp. 50-102.

- Cseresnyes, Z. 1979. The germination of *Helianthus annuus* seeds under optimum laboratory conditions. *Seed Sci. and Technol.* 7: 319- 328. The Netherlands.
- Ching, M. T. 1972. Metabolism of germinating seeds. In: *Seed Biology*. T. T. Kozlowski. Ed. Academic Press New York and London. Madison, Wisconsin. 2: 103-205. U. S. A.
- Delouche, C. J. 1953. Influence of moisture and temperature levels on the germination of corn, soybeans and watermelons. *Proc. Ass. Official Seed Anal.* 43: 117-125. U. S. A.
- Devlin, R. M. 1980. *Fisiología vegetal*. Ediciones Omega. España. pp. 52 - 53.
- Dubeck, E. A. and C. H. Peacock. 1985. Salinity effects on perennial ryegrass germination. *Hort Sci.* 20(2): 268- 269. U. S. A.
- Evans, F. V. and F. C. Stickler. 1961. Grain sorghum seed germination under moisture and temperature stresses. *Agronomy Journal.* 53: 369- 372. U. S. A.
- Gordon, A. G. 1969. Some observations on the germination energy test for cereals. *Proc. Ass. Seed Analyst N. Am.* 58- 72. U. S. A.
- Gulliver, R. L. and W. Heydecker. 1973. Establishment of seedlings in a changeable environment. In: Heydecker, W. (Ed.) *Seed Ecology*. London Butterworths. pp. 58- 72. Great Britain.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1966. International rules for seed testing. *Proc. Int. Seed Test. Ass.* The Netherlands.
-
- International rules for seed testing. *Seed Sci. and Technol.* 4: 3- 49. The Netherlands. 1976.

- Manual para evaluación de plántulas. En: Análisis de germinación. Ed. Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero. Madrid, España. pp. 14- 18, 49- 56. 1979.
-
- International rules for seed testing. Seed Sci. and Technol. 13(2): 301- 519. The Netherlands. 1985.
- Kahre, L. and P. Wiklert. 1965. Sand a substrate for germination. Proc. Int. Seed Test. Ass. 30(2): 245- 250. Hollande.
- Kar-Ling, J. T. 1981. Physiological rupture of soybean hypocotyls in germination and vigor tests. Seed Sci. and Technol. 6(3): 1- 9. The Netherlands.
- Knapp, D. A. 1988. Germinación de la semilla. En: Curso internacional de capacitación sobre tecnología de semillas de maíz. CIMMYT. Batán, Edo. de México. pp. 1 - 34.
- Koller, D. 1972. Environmental control of seed germination. In: Kozlowski, T. T. (Ed.). Seed Biology .Vol II. Academic Press U.S.A. pp. 2- 93.
- Lovato, A. 1981. Germination of seeds. In: J. R. Thomson.(Ed.) Advances in research and technology of seeds part 6. Wageningen. pp. 86- 120. The Netherlands
- Man Sing, M. and W. Heydecker. 1964. Effects of water potential on germination of pea seeds. Nature. 202(4): 22- 24. Great Britain.
- Mayer, A. M. and A. Poljakoff-Mayber. 1986. The germination of seeds. 3^a ed. Ed. A. Wheaton and Co. Ltd. Great Britain. pp. 22- 49.
- Moreno, M. E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. pp. 103- 114.

- Overea, P. 1962. A new germination apparatus designed for alternating temperature and light exposure. Proc. Int. Seed. Test. Ass. 27(3): 742- 748. Hollande.
- Peterson, J. R. and P. G. Cooper. 1979. Some considerations of water in the germination test Seed Sci. and Technol. 7: 329- 340. The Netherlands.
- Phannendranath, B. R. 1980. Influence of amount of water in the papel towel on standard germination test. J. of Seed Technol. 5(5): 82- 87. U. S. A.
- Popinigis, F. 1985. Fisiologia da semente. 2^a ed. Brasilica, D. F. Brasil. pp. 250- 262.
- Quiroga, V. L. 1971. Análisis de alimentos utilizados en nutrición animal. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía. Monterrey, N. L. Méx. 117p.
- Riley, J. P. G. 1981. Effects of hight temperature on the germination of maize (*Zea mays* L.). Planta. 151: 68- 74.. U. S. A.
- Sayers, R. 1982. Pruebas de germinación y vigor. En: Memorias del curso de actualización sobre tecnología de semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. México. pp. 129- 136.
- Simon, E. W. 1984. Early events in germination. In: Murray R.D. (Ed.) Seed Physiology: germination and reserve mobilization. New South Wales.
- Sivori, M. E., E. R. Montaldi y O. H. Caso. 1980. Fisiología vegetal. Ed. Hemisferio Sur. Argentina. pp. 613- 628.
- Skinner, L. J. and E. M. Schroeder. 1978. Comparison of paper towel and sand as substrata for soybeans (*Glycine max*) seeds. Seeds Sci. and Technol. 6: 225- 231. the Netherlands.

- Van der Burg, W. J., J. Bekendam, A. Van Geffen and M. Heuver. 1983. Project seed laboratory 2000- 5000. Seed Sci. and Technol. 11: 157- 227. The Netherlands
- Wanjari, K. B. and M. P. Bhoyar. 1980. Coleoptile length in sorghum. Seed Sci. and Technol. 8: 169- 174. The Netherlands
- Wellington, S. P. 1965. Report of the Germination Committee 1962- 1965. Proc. Int. Seed Test. Ass. 30(2): 229-235. Hollande.
- Wright, N. L. 1973. Seed dormancy, germination environment and seed structure of Lehman Lovegrass, *Eragrostis lehmanniana* Nees. Crop Sci. 13: 432- 435. U. S. A.

A P E N D I C E

Cuadro A.1. Significancias de las variables: vástagos y raíces atravesando papel obtenidas en los experimentos I y II.

F. V.	V.A.P. % E-I	R.A.P. % E-I	V.A.P. % E-II	R.A.P. % E-II
Factor A	NS	**	NS	**
Factor B	**	**	**	**
Factor C	**	**	**	**
AxB	*	**	**	**
AxC	*	NS	NS	NS
BxC	**	**	**	**
AxBxC	*	**	*	**

NS = No significativo

* = Significativo (P < 0.05)

** = Significativo (P < 0.01)

Cuadro A.2. Comparación de medias del factor substratos para las variables: vástagos y raíces atravesando papel (Experimentos I y II).

Substrato	V.A.P. % E-I	R.A.P. % E-I	V.A.P. % E-II	R.A.P. % E-II
S. Sencilla	9.24 A	33.77 A	8.82 A	35.76 A
A. Grueso	0.00 F	0.00 F	0.00 E	0.04 G
D. de Rollo	0.63 CD	8.94 C	0.37 C	9.51 C
U. S. Sanitary	0.05 EF	1.54 E	0.07 CDE	2.92 E
A. Delgado	0.00 F	0.02 F	0.00 E	0.01 G
Sanisol	0.00 F	0.03 F	0.02 DE	0.01 G
S. Doble	1.06 BC	9.72 C	1.47 B	14.34 B
Rendidor	1.75 B	13.05 B	1.42 B	11.53 BC
Popular	0.25 DE	6.01 D	0.31 CD	6.54 D
R. Grueso	0.01 EF	2.02 E	0.04 CDE	1.63 F
Tukey (0.05)	1.33	2.23	1.35	2.41

Cuadro A.3. Significancias de la descomposición de la interacción cámaras-substratos para las variables: plántulas normales, peso fresco de raíz, peso fresco de plántula y peso seco de plántula en el experimento I.

F. V.	P. N. %	P. F. R. mg/pl	P. F. P. mg/pl	P. S. mg/pl
A/B ₁	NS	**	**	**
A/B ₂	**	*	**	**
A/B ₃	NS	**	**	NS
A/B ₄	*	**	**	**
A/B ₅	NS	*	**	*
A/B ₆	NS	**	NS	NS
A/B ₇	NS	**	**	NS
A/B ₈	NS	**	**	**
A/B ₉	NS	**	**	NS
A/B ₁₀	NS	**	NS	**
B/A ₁	**	**	**	**
B/A ₂	**	**	**	**

A = 1 y 2, Cámaras

B = 1, 2, ..10 Substratos

NS = No significativo

* = Significativo (P < 0.05)

** = Significativo (P < 0.01)

Cuadro A.4. Significancias de la descomposición de la interacción cámaras-substratos para las variables: plántulas normales, peso fresco de raíz, peso fresco de plántula y peso seco de plántulas en el experimento II.

F. V.	P. N. %	P. F. R. mg/pl	P. F. P. mg/pl	P. S. P. mg/pl
A/B ₁	NS	**	**	**
A/B ₂	NS	**	**	*
A/B ₃	NS	**	**	**
A/B ₄	**	**	**	**
A/B ₅	NS	**	**	**
A/B ₆	**	**	*	**
A/B ₇	**	**	*	*
A/B ₈	NS	**	**	NS
A/B ₉	**	**	**	*
A/B ₁₀	**	**	**	**
B/A ₁	**	**	**	**
B/A ₂	**	**	**	**

A = 1 y 2 cámaras
 B = 1, 2, ...10 substratos

NS = No significativo
 * = Significativo (P < 0.05)
 ** = Significativo (0.05)