

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

EFFECTO DE ALGUNOS HONGOS DEL GENERO SPHACELOTHECA  
EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LA SEMILLA DE SORGO  
EN EL SALVADOR

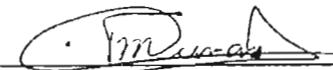
JUANA PETRONA NIETO BRAN

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
LICENCIADO EN BIOLOGIA  
1986

DECANO

  
\_\_\_\_\_  
CATALINA RODRIGUEZ DE MERINO

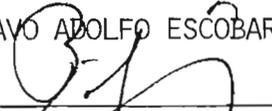
DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO

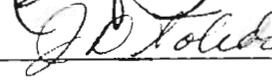
  
\_\_\_\_\_  
VÍCTOR MANUEL DURÁN BELLOSO

ASESORES

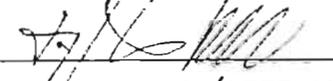
  
\_\_\_\_\_  
GUSTAVO ADOLFO ESCOBAR AGUIRRE

JURADO

  
\_\_\_\_\_  
ROMEO EDGARDO LÓPEZ SÁNCHEZ

  
\_\_\_\_\_  
JUDITH DOLORES TOLEDO A.

  
\_\_\_\_\_  
ZOILA ESPERANZA PEREZ MOLINA

  
\_\_\_\_\_  
PEDRO M. HERNÁNDEZ SABALLOS





## AGRADECIMIENTOS

Al DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, por la orientación científica.

Al CENTRO DE TECNOLOGIA AGRICOLA, CENTA, por su asistencia técnica, material y equipo.

A los Asesores Dr. GUSTAVO ADOLFO ESCOBAR AGUIRRE, del Departamento de Biología de la Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional; y al Ing. ROMEO EDGARDO LOPEZ SANCHEZ, de la División de Certificación de Semillas y Plantas del Centro de Tecnología Agrícola, por la Asesoría Oficial y Técnica de esta investigación.

A la Lic. ZOILA ESPERANZA PEREZ MOLINA, por el Asesoramiento particular.

A MARIA FULVIA LEON DE PEREZ, Profesora y Técnico en Programación y Estadística, por asesoría en análisis estadístico.

Al Agr. RENE CLARA, Jefe del Programa de sorgo del CENTA, por la orientación técnica.

Agradezco también la valiosa colaboración de la Señora BERTHA A. DE VEGA GOMEZ, por el trabajo mecanográfico.

## TABLA DE CONTENIDOS

	Página N°
INTRODUCCION . . . . .	1
REVISION DE LITERATURA . . . . .	4
MATERIALES Y METODOS . . . . .	15
RESULTADOS . . . . .	22
DISCUSION. . . . .	31
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . . . .	45
CUADROS. . . . .	48
FIGURAS. . . . .	62
LITERATURA CITADA. . . . .	73

## R E S U M E N

Para conocer la influencia de hongos del género Sphacelotheca en el rendimiento y calidad del sorgo, se determinó el porcentaje de panojas infectadas en los cultivos, el porcentaje de infección por panoja, el rendimiento de las panojas infectadas y la pérdida producida por el hongo. Se hizo además, análisis de la viabilidad y de la germinación de la semilla de las panojas infectadas y sanas.

La detección del hongo en los cultivos se realizó durante el período de la cosecha, dentro de la época lluviosa y en zonas representativas donde se cultiva sorgo en El Salvador.

La investigación se basó en la hipótesis de que algunos hongos del género Sphacelotheca, que infectan al sorgo, influyen negativamente en el rendimiento y la calidad de este cultivo. Con este fin, se correlacionó estadísticamente el grado de infección de las panojas con el rendimiento, viabilidad y germinación de la semilla.

En cultivos de sorgo de Santa Cruz Porrillo y San Andrés se encontró alto grado de infección por el hongo Sphacelotheca cruenta, el 81.5% de las panojas mostraron la enfermedad conocida como "carbón volador", causada por dicho hongo. La infección por panoja fue baja, de 16.7% y el rendimiento fue disminuido en un 16.3%; la viabilidad de la semilla resultó de 81.1% y la germinación de 60.6%.

En otros cultivos de sorgo de San Andrés y Sonsonate se encontró alta infección por el hongo Sphacelotheca sorghii, el 87.3% de las pa-

nojas mostraron la enfermedad conocida como "carbón cubierto del grano". La infección por panoja fue baja, de 11.5% y el rendimiento fue disminuido en un 16.8%; la viabilidad de la semilla resultó de 84.6% y la germinación de 68.7%.

Sphacelotheca cruenta y S. sorghi se encontraron en cultivos diferentes y territorialmente separados. La existencia de una especie parece excluir a la otra.

La infección por panoja, tiene correlación inversa con el rendimiento, ya que al aumentar la cantidad de granos infectados, el rendimiento disminuye.

La calidad de la semilla varía en relación inversa al grado de infección de la panoja; es decir, que el número de semillas viables y germinadas normalmente, disminuye al aumentar el número de granos infectados en la panoja.

La semilla sana de las panojas infectadas es portadora de las esporas de Sphacelotheca; estas esporas no ejercen daño evidente al embrión, mientras la semilla no llegue al suelo.

En las semillas que no germinaron o que germinaron anormalmente, se desarrollaron colonias de hongos de campo, de los géneros Fusarium y Curvularia. Estos hongos son en parte responsables de la baja calidad de la semilla y de la susceptibilidad de las plantas a los carbones en el campo.

## LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro N°</u>	Pág.
1. Porcentaje de panojas sanas y de infectadas por <u>S. cruenta</u> .	48
2. Porcentajes de semillas sanas y de infectadas por <u>S. cruenta</u> .	49
3. Rendimiento (qq./mz.) de panojas sanas y de infectadas por <u>S. cruenta</u> .	50
4. Porcentajes de viabilidad de la semilla de panojas sanas y de infectadas por <u>S. cruenta</u> .	51
5. Porcentajes de germinación de la semilla de panojas sanas y de infectadas por <u>S. cruenta</u> .	52
6. Porcentajes de pérdida en el rendimiento, en panojas infectadas por <u>S. cruenta</u> y en sanas más infectadas.	53
7. Porcentajes de panojas sanas y de infectadas por <u>S. sorghi</u> .	54
8. Porcentajes de semillas sanas y de infectadas por <u>S. sorghi</u> .	55
9. Rendimiento (qq./mz.) de panojas sanas y de infectadas por <u>S. sorghi</u> .	56

<u>Cuadro N°</u>	Pág.
10. Porcentajes de viabilidad de la semilla de panojas sanas y de infectadas por <u>S. sorghi</u> .	57
11. Porcentajes de germinación de la semilla de panojas sanas y de infectadas por <u>S. sorghi</u> .	58
12. Porcentaje de pérdida en el rendimiento, en panojas infectadas por <u>S. cruenta</u> y en sanas más infectadas.	59
13. Correlación del porcentaje de infección por <u>S. cruenta</u> con el rendimiento y la calidad de la semilla de sorgo.	60
14. Correlación del porcentaje de infección por <u>S. sorghi</u> con el rendimiento y la calidad de la semilla de sorgo.	61

<u>Figura N°</u>	Pág.
1. Localización de los cultivos de sorgo en los que se investigó la presencia de <u>S. cruenta</u> y <u>S. sorghi</u> .	62
2. Diseño del muestreo para recolectar sorgo con hongos del género <u>Sphacelotheca</u> .	63
3. Panoja de sorgo con infección total por <u>S. cruenta</u> .	64
4. Panojas de sorgo con diferentes grados de infección por <u>S. cruenta</u> .	65
5. Sección de una panoja de sorgo con infección total por <u>S. sorghi</u> .	66
6. Semillas sanas e infectadas por <u>S. sorghi</u> .	67
7. Porcentajes de infección, rendimiento, viabilidad y germinación de semilla de panojas de sorgo infectada por <u>S. cruenta</u> .	68
8. Porcentajes de infección, rendimiento, viabilidad y germinación de semilla de panojas de sorgo infectadas por <u>S. sorghi</u> .	69
9. Porcentajes de panojas y de semillas de sorgo sanas y de infectadas por <u>S. cruenta</u> y <u>S. sorghi</u> .	70
10. Rendimiento y pérdida en semilla de panojas de sorgo infectadas por <u>S. cruenta</u> y <u>S. sorghi</u> y de sanas más infectadas.	71

Figura N°

Pág.

11. Porcentajes de viabilidad y germinación de semillas de panojas de sorgo sanas y de infectadas por S. cruenta y S. sorghi.

72

## INTRODUCCION

Las semillas de muchas plantas cultivadas pueden contener microorganismos en su estructura, que son la causa principal del apareamiento de enfermedades en las plantas. Estas enfermedades se desarrollan en raíces, tallos, frutos o semillas, influyendo de alguna manera en la producción (Lewis, 1951; Doggett, 1970).

Los llamados patógenos de campo son aquellos causantes de enfermedades en los cultivos. Estos patógenos se transmiten a la planta por medio del suelo o por el aire. En la agricultura tecnificada y artesanal constituyen problemas serios, porque causan pérdidas en el rendimiento (Ellis, 1978; Echandi, 1982 a; Fuentes & Salguero, 1984).

Los "carbones" son causados por hongos que se desarrollan comúnmente en mazorcas, panojas, espigas, espiguillas y otras estructuras propias de las semillas de cereales. Estos "carbones", que producen masas negras en órganos aéreos de las plantas, son causados por hongos del Orden Ustilaginales (Basidiomycetes). Muchos carbones destruyen parcial o totalmente los granos y el resto de las espiguillas, formando un polvillo negro que contiene las esporas propagadoras de la enfermedad. En la biología de estos hongos se distinguen tres formas de transmisión de la enfermedad: por infección embrionaria en el momento de la germinación de la semilla; por infección floral en el proceso del desarrollo de la inflorescencia; por medio del suelo y rastrojos (Lewis, 1951; Bovey, 1971; García Alvarez, 1971; Williams et al., 1978).

El sorgo Sorghum vulgare Pers. es uno de los cultivos más exten-

didados en las regiones agrícolas mundiales y entre las enfermedades que atacan sus semillas cuando aún están en las plantas, se encuentran los "carbones". Los más frecuentes son los llamados "carbones verdaderos", provocados por hongos del género Sphacelotheca. Estos carbones del sorgo están ampliamente distribuidos a través del mundo. Tres especies de Sphacelotheca han sido encontradas más comúnmente en sorgo; éstas son: Sphacelotheca sorghi (Link) Clinton, que causa la enfermedad conocida como "carbón cubierto del grano"; Sphacelotheca cruenta (Kuehn) Potter, causante de la enfermedad llamada "carbón volador del grano" y Sphacelotheca reiliana (Kuehn) Clinton, causante del "carbón de la panoja" (Lewis, 1958; Doggett, 1970; Wall & Ross, 1975; Frowd, 1978).

De los "hongos" que atacan a la panoja, S. sorghi y S. cruenta se desarrollan en el grano, mientras que S. reiliana ataca a la panoja en formación y no deja que se desarrollen las semillas (Deggett, 1970; Bohannov, 1974).

En Estados Unidos de América, India, Egipto, Alemania, China, México, Argentina, Cuba, Guatemala y El Salvador, se han detectado enfermedades producidas por Sphacelotheca. En algunos de estos países se han tenido problemas serios cuando la enfermedad se ha dejado propagar. Las medidas de control más eficientes han sido la eliminación de las plantas infectadas, el desarrollo de variedades resistentes y el tratamiento químico de la semilla (Harris et al., 1958; Bovey, 1971; Wellman, 1972; Wall & Ross, 1975).

Actualmente, en El Salvador está tomando auge el cultivo tecnifi-

cado de sorgo, tanto para consumo humano como para fabricación de alimentos concentrados y forrajes para animales. Para obtener semilla certificada, es necesario conocer sus enfermedades potenciales para prevenir problemas futuros (Reyes, 1984).

En el Manual Técnico N° 3 del CENTA (CENTA, 1980 a) se menciona el "carbón volador" entre las principales enfermedades que afectan la panoja del sorgo durante la floración o al punto de cosecha. Cuando el ataque es severo, se recomienda eliminar todo el cultivo afectado; cuando es benigno, se debe tratar la semilla con altas dosis de Tetramethylthiuram disulfide.

En granos de Sorghum vulgare almacenado en bodegas del Instituto Regulador de Abastecimientos (IRA), se encontraron los hongos S. sorghi y S. cruenta. En ese tiempo se dió la recomendación de no usar el material para consumo (Acuña Ovies et al., 1978).

En base a los antecedentes planteados y considerando que los carbones que atacan a los cereales lo hacen de una manera sistémica, afectando la biología de la planta, se planteó la proposición que algunos hongos del género Sphacelotheca que infectan al sorgo, tiene efecto negativo en el rendimiento y calidad de este cultivo en El Salvador. La investigación se realizó con el fin de determinar la influencia que puedan tener estos carbones en el rendimiento y la calidad de la semilla.

## REVISION DE LITERATURA

Los "carbones" de los cereales destruyen total o parcialmente los granos y son causados por hongos del Orden Ustilaginales, de la clase Basidiomycetes. Antiguamente éstos fueron importantes, pero hoy la mayoría de estas enfermedades han perdido su carácter de gravedad debido a los avances técnicos, a la mejor selección de la semilla y al uso de variedades resistentes (Bovey, 1971; Aleksandrov, 1980).

Los carbones parasitan los vegetales, aunque su parasitismo no es obligado (son facultativos). Los carbones se asemejan en cierto modo a las royas. Económicamente éstos son importantes porque causan pérdidas en las cosechas (Alexopoulos, 1976).

Los "carbones" más comunes del sorgo son: "carbón cubierto" (kernel smut) producido por Sphacelotheca sorghi; "carbón volador" ("loose kernel smut") cuyo agente causal es: Sphacelotheca cruenta; "carbón de la panoja" ("head smut") producido por Sphacelotheca reiliana y el "carbón largo" producido por Tolyposporium ehrenbergii (Lewis, 1951 & 1958; Bohannov, 1974; Williams et al., 1978).

La enfermedad provocada por S. sorghi es la más grave, aunque actualmente se ha vuelto rara porque se han seguido prácticas de tratamiento de semilla; aún así, se le conoce en todos los lugares donde se cultiva el sorgo (Wall & Ross, 1975; Frowd, 1978).

En India se han encontrado S. sorghi y S. reiliana en sorgo y maíz en la época lluviosa, especialmente en los meses de Agosto y Septiembre.

La temperatura en las regiones agrícolas de India es favorable para la producción de estas enfermedades (Kulkarni, 1923; Aleksandrov, 1980). También en ese país, Sharma et al (1980) reportan que entre las enfermedades que atacan la floración en algunos sorgos híbridos, el "carbón cubierto" es el más prevaleciente, mientras que el "carbón volador" aparece muy poco.

En estudios realizados en Africa, en doce variedades de sorgo, se ha reportado la presencia de los tres carbones de la panoja (Kirby, 1926). Cinco razas de S. sorghi y tres de S. cruenta han sido detectadas en ese continente. Además, en Africa del sur, en cultivos de sorgo y zacate sudán, se han descubierto dos razas de S. sorghi diferentes a las determinadas en los Estados Unidos de América (Gorter, 1961; Doggett, 1970).

Sphacelotheca sorghi fue descubierto por primera vez en 1825 en Egipto y sólo se reportaron como susceptibles algunas especies de sorgo (Wall & Ross, 1975).

En estudios realizados en 25 localidades en el norte de China, se encontró que el "carbón volador" del sorgo fue de menor importancia que el "carbón cubierto" del grano; además, se reportan para este país ciertas variedades de sorgo que son inmunes o resistentes a S. cruenta (Wall & Ross, 1975).

En Norte América, S. sorghi se encuentra frecuentemente en muchos campos en Georgia y puede causar pérdidas considerables cuando se le deja propagar (Harris et al., 1958; Wall & Ross, 1975). Los efectos de

S. sorghi y S. cruenta sobre el sorgo, fueron investigados en los Estados Unidos de América utilizando 5 variedades seleccionadas y sorgos híbridos, se encontró que las diferentes variedades responden en forma distinta a los dos hongos y fueron mayormente afectados por S. cruenta (Melchers & Hansing, 1943).

Frowd (1978) reporta que los carbones del sorgo están ampliamente distribuidos a través del mundo. De éstos, el "carbón cubierto" es el más propagado, al igual que el cultivo del sorgo, y ha sido reportado desde Canadá hasta Chile, Dinamarca, Australia y en diez países de Africa.

En El Salvador, los carbones del sorgo que tienen más incidencia son el "carbón volador" y el "carbón cubierto" del grano, (Wellman, 1972). La biología de estas dos especies ha sido ampliamente estudiada en otros países.

En cuanto al "carbón volador" se conoce que la infección de las plantas se efectúa al sembrar la semilla. Este carbón es también capaz de infectar a la planta directamente cuando las panojas son invadidas por esporas (Dean, 1966; Doggett, 1970).

El hongo penetra en los sitios de iniciación de la plántula durante el proceso de germinación de la semilla y se mantiene hasta que se forman las flores. Está presente en los óvulos y ahí produce las clamidosporas (Weber, 1973).

Los soros formados por el "carbón volador" son largos y puntiagudos cubiertos de una membrana (peridio) delgada que usualmente se rom-

pe pronto; expulsando poco tiempo después la mayoría de las esporas, dando lugar a que el hongo crezca dentro de la planta joven (Melchers & Hansing, 1943; Lewis, 1951; Parodi et al., 1971; Williams et al., 1978).

Weber (1973) indica que la característica distintiva de la enfermedad del "carbón volador" es la falta de una membrana de retención subriendo los soros, lo que permite una inmediata diseminación de las esporas. Cuando los sacos se rompen, las panojas parecen una masa de hollín, el número de esporas es enorme y contaminan a la semilla sana. Esto sucede en la época seca (Wellman, 1972).

La membrana externa (peridio) del soro de S. cruenta se rompe antes de salir la panoja, por lo cual raramente se ve. El soro varía de tamaño de 3 a 18 mm. presentando un detalle característico que es la columela sólida y larga, negra, a veces curvada, que se extiende por casi todo lo largo del soro y la cual se destaca después que las esporas han sido liberadas. Esta liberación normalmente ocurre antes de la cosecha (Parodi et al., 1971; Williams et al., 1978). Las esporas (clamidosporas) son de color café o negro, de superficie reticulada, su forma varía de esférica a elíptica y el tamaño de cinco a diez micras de diámetro (Weber, 1973; Frowd, 1978).

Los soros de S. cruenta también se pueden encontrar sobre el raquis y en las ramas de la inflorescencia (Williams et al., 1978).

Las semillas de sorgo contaminadas de esporas de S. cruenta, germinan y la plantación de sorgo parece sana; pero al germinar las

esporas, el hongo ataca los brotes. La infección es sistémica y el resultado más común es el raquitismo y abundante follaje verde como una manifestación temprana de la enfermedad. Más tarde se nota la eliminación de granos por el hongo (Melchers & Hansing, 1943; Doggett, 1970; Wellman, 1972; Williams et al., 1978).

Las plantas de sorgo infectadas por el "carbón volador" florecen invariablemente más temprano, hasta dos semanas antes que las plantas sanas y frecuentemente desarrolla mayor cantidad de retoños laterales. La inflorescencia es más suelta y abultada con hipertrofia de las glumas. Los retoños que brotan de la base de la planta tienen una incidencia más alta de carbón (Williams et al., 1978).

Las plantas infectadas por S. cruenta presentan restos deformados de florecillas, achaparramiento, raquitismo mayor ramificación, floración precoz y las panojas pueden ser infectadas total o parcialmente (Parodi et al., 1971; Sundaram, 1978).

Se considera que la pérdida de campo es directamente proporcional al número de plantas infectadas. Para S. cruenta es relativamente baja, normalmente menor del 10%. En Africa no es un problema y sólo fue encontrado el 2% de pérdida en rebrotes (Sundaram, 1978). En Nigeria se encontró el 2% de infección en áreas donde se practica cosecha de rebrotes; pero puede alcanzar proporciones epidémicas (Wall & Ross, 1975; Frowd, 1978).

En India el "carbón volador" se encuentra muy poco (Sharma et al., 1980). Y en Africa se reporta baja incidencia de esta enfermedad

(Selvaraj, 1978).

En U. S. A. se ha logrado reducir la enfermedad con la producción de variedades resistentes y con tratamiento de semilla (Harris et al., 1958; Bovey, 1971; King, 1972; Wall & Ross, 1975). Actualmente en este país, el "carbón volador" tiene poca importancia (Wellman, 1972). La variedad del sorgo cultivada es determinante para el desarrollo del carbón volador, ya que existen variedades e híbridos muy susceptibles al ataque de este carbón (Melchers & Hansing, 1943).

Las condiciones ambientales son algunos de los factores que introducen variación en el grado de infección de los cultivos de sorgo. La temperatura es un factor limitante para la producción de esporas de S. cruenta; éstas germinan en un rango de 8 a 35°C, con un óptimo de 28 a 32°C. La producción de esporas es favorecida por la alta temperatura y su germinación generalmente ocurre dentro de las más bajas temperaturas. En China, S. cruenta fue encontrada durante todo el año, aparentemente sin que le afectara la temperatura (Kulkarni, 1923; Kyrby, 1926; Wall & Ross, 1975).

Renfro (1985) indica que las enfermedades transmitidas en las semillas no prevalecen en zonas de poca precipitación pluvial y a temperaturas altas durante la época de cultivo. Es usual que la semilla que se produce bajo estas condiciones esté libre de hongos y bacterias patogénicas. Por esta razón la producción comercial de semillas de numerosas hortalizas, plantas ornamentales y cultivos forrajeros se ha trasladado a zonas semiáridas bajo riego. En las zonas tropicales y

subtropicales, la siembra para la producción de semilla de cultivos como el maíz, a menudo se realiza de manera que el cultivo llegue a la madurez después de la época de lluvias o durante la temporada de sequía en invierno.

Las siembras profundas y las bajas temperaturas favorecen la incidencia del hongo; mientras que el incremento de fosfato reduce la infección del cultivo por S. cruenta. Los suelos húmedos favorecen la germinación de las esporas, las cuales invaden los meristemas apicales de la plántula y atacan principalmente las áreas de iniciación de la inflorescencia (King, 1972; Frowd, 1978).

En El Salvador, el ataque de S. cruenta sucede en el tiempo cuando el rocío cae en abundancia, pero sólo es parcial en la panoja (Wellman, 1972).

El "carbón cubierto" del grano producido por S. sorghi es la otra enfermedad de importancia que ataca al sorgo. Esta es una enfermedad típica de la inflorescencia, en la cual los óvulos son reemplazados por las clamidosporas del hongo. Originalmente el hongo penetra en el área del primordio y continúa hasta la inflorescencia. El micelio del hongo invade el coleóptilo y luego se establece en el embrión de las semillas en desarrollo. Desde entonces la enfermedad es sistémica y en lugar de semillas turgentes, se desarrollan sacos resistentes que contienen las esporas (Doggett, 1970; Weber, 1973; Williams et al., 1978; Frowd, 1978).

La característica distintiva del hongo que produce la enfermedad

del "carbón cubierto" es la membrana de retención, dentro de la cual se producen las esporas, las cuales son de color café o negro, de forma esférica, globosas o angulares y de 5 a 8 micras de diámetro (King, 1972; Frowd, 1978).

En sorgos graníferos las masas carbonosas aparecen normalmente desde la floración y reemplazan el albumen de los granos por esporas; pero el agricultor no lo descubre hasta que se rompe la membrana exterior del soro (Parodi et al., 1971).

La cantidad y distribución de las florecillas invadidas es variable, a veces todas pueden tener el carbón. Una infección sistémica siempre puede ocasionar infecciones secundarias; en ese caso, la enfermedad se presenta en forma severa y esto es más evidente en los sorgos de rebrote (Marcy, 1937; Lewis, 1951; Doggett, 1970; King, 1972; Williams et al., 1978; Sundaram, 1978).

Las plantas que son afectadas por el "carbón cubierto" del grano parecen normales, excepto por las panojas manchadas y el abundante desarrollo de ramas laterales. Al comparar las plantas enfermas con las sanas, las primeras tienen una reducción de 2% en el tamaño de la planta, 18% en el diámetro del tallo y 16% en el ancho de las hojas. Estas reducciones son consideradas de importancia económica (Lewis, 1951 & 1958).

El período entre la germinación y el establecimiento de las plántulas es un momento crítico en el ciclo vital del sorgo. Si hay infección, las plántulas pueden sucumbir antes o después de brotar, y las

plantas que sobreviven pueden ser menos vigorosas y productivas (Renfro, 1985).

En diferentes regiones sorgueras se han encontrado altos grados de infección en los cultivos, con resultados de 50, 75 y hasta 80% de panojas infectadas por S. sorghi. En Kansas (U.S.A.) se encontraron pérdidas del 10% de la cosecha. En África se reportan pérdidas del 5 al 43% y el 100% de infección en una variedad nativa (Merlchers, 1925 & 1926; Sundaram, 1978).

En algunos países de Latinoamérica, S. sorghi a veces causa serias pérdidas en el rendimiento del sorgo. En El Salvador, en 1945 se encontró un 38% de infección en sorgos criollos; en 1946 la infección fue del 1 al 8% en sorgos importados, esta semilla se sembró en la estación seca del mismo año y el cultivo tuvo un 18% de infección. En 1947, la infección se elevó al 42% y fue necesario el tratamiento de la semilla importada (Wellman, 1972).

Sphacelotheca sorghi es el más destructivo de los carbones de los sorgos en los países donde no se practica el tratamiento químico de la semilla; como Africa (5 a 50% de pérdida), India (20 a 60% de pérdida) y algunas zonas de Latinoamérica (King, 1972; Wellman, 1972; Sundaram, 1978).

Algunos sorgos híbridos desarrollados en U.S.A. muestran resistencia genética a S. sorghi. La eliminación de variedades susceptibles es necesaria para erradicar la enfermedad de una vasta región agrícola. La semilla de buena calidad y tratada con Tetramethylthiuram

disulfide, da óptima germinación y mayor resistencia al "carbón cubierto" (Reed & Melchers, 1926; Marcy, 1937; Sundaram, 1978).

Las condiciones ambientales provocan variación en el grado de infección en el cultivo de sorgo. En India se trabajó en invernadero y se demostró que la temperatura óptima para el ataque de S. sorghi es de 25°C, a temperatura ambiental la infección fue de 50 a 60% (Kulkarni, 1923; Isenbeck, 1935; Frowd, 1978).

En Nigeria las temperaturas de mayo y junio (23.9 a 26.7°C.) promovieron la infección por S. sorghi. En esta zona las condiciones relativamente calurosas favorecen el incremento de la infección (Frowd, 1978).

Los suelos secos con menos de 28% de humedad, los suelos pobres con bajos niveles de Nitrógeno y los de poco drenaje, presentan las condiciones adecuadas para el desarrollo del "carbón cubierto" (Doggett, 1970; Sundaram, 1978).

Las enfermedades que afectan las plántulas en términos generales son más frecuentes en suelos fríos y húmedos de bajo contenido de oxígeno. Estas circunstancias retrasan la germinación y el crecimiento temprano, y le dan al patógeno más tiempo de invasión (Renfro, 1985).

La calidad de la semilla es influenciada por S. sorghi, S. cruenta y por muchos factores físicos ambientales y por otros organismos vivos, como Fusarium moniliforme, Curvularia lunata, que atacan al grano de sorgo en el campo; éstos reducen la germinación y aumentan la susceptibilidad a toda enfermedad que disminuye el rendi-

miento (Wall & Ross, 1975; Fuentes & Salguero, 1984; Benítez Alvarez, 1985).

Las enfermedades transmitidas por la semilla causan daño en la cosecha, afectando la calidad de la semilla, siendo éste uno de los factores más importantes que afectan el rendimiento (F.A.O, 1985). Muchos de los parásitos transmitidos en las semillas no acaban con éstas ni reducen la germinación, sino que sólo se multiplican en las plántulas (Renfro, 1985).

El tratamiento de la semilla con fungicidas no tóxicos, la eliminación de plantas enfermas y el desarrollo de variedades resistentes, son los métodos de control más eficaces para los carbones en el sorgo (Harris et al., 1958; Bovey, 1971; Wall & Ross, 1975).

## MATERIALES Y METODOS

### Zonas de muestreo.

El presente trabajo se desarrolló en cultivos de sorgo en experimentación, entre los cuales se encuentran variedades productoras, Líneas en proceso de selección y de incrementación; híbridos y materiales importados para diversos fines. Estos cultivos, establecidos en las estaciones experimentales de Santa Cruz Porrillo, Departamento de San Vicente; San Andrés, Departamento de La Libertad y Hacienda Canadá, Departamento de Sonsonate (Fig. 1). Se seleccionaron dos cultivos diferentes en cada zona y se investigó el grado de infección del cultivo debido a carbones del género Sphacelotheca, durante la etapa de maduración y dentro de la época lluviosa.

La región agrícola de Santa Cruz Porrillo está ubicada a 30 metros sobre el nivel del mar; el terreno es plano y el suelo franco arenoso. La precipitación anual registrada fue de 1,792 mm, la humedad relativa anual promedio fue de 73%, la temperatura de 26.8°C. y la velocidad del viento fue de 5.6 km/h. con rumbo noreste (Servicio Meteorológico Nacional, 1983).

La región agrícola de San Andrés está ubicada a 460 msnm, el terreno es plano y el suelo franco. La lluvia anual registrada fue de 1,701 mm, con humedad relativa de 76%. El rumbo dominante del viento es oeste con velocidad de 5.5 km/h; la temperatura media anual fue de

23.8°C. (Servicio Meteorológico Nacional, 1983).

La región agrícola de la Hacienda Canadá en Sonsonate está ubicada a 30 msnm, de terreno semiplano y suelo de tipo franco arenoso. La precipitación anual fue de 1,951 mm, la humedad relativa de 73%, la temperatura de 23°C. y el rumbo del viento fue noreste con velocidad de 10.6 km/h (Servicio Meteorológico Nacional, 1983).

#### Inspección preliminar para el muestreo.

Los dos cultivos seleccionados se observaron durante el embuchamiento y al inicio de la floración, para detectar características de plantas y de panojas. Al comenzar a madurar o "blanquear" el grano, se hizo una revisión cuidadosa de todas y cada una de las plantas comprendidas en un área de 540 metros cuadrados de cada cultivo, sin separar variedades, con el objeto de detectar signos del hongo Sphacelotheca en las panojas.

Se recolectaron algunas de las panojas en las cuales se encontraron carbones, para ser observadas más detenidamente e identificar las especies del género Sphacelotheca. De las tres especies más comunes, S. sorghi, S. cruenta y S. reiliana, solamente se detectaron las dos primeras. Con el resultado de estas pruebas se diseñó el muestreo verdadero, se tomó en cuenta que el hongo aparecía siempre en la misma variedad y que en una misma panoja no coincidía la presencia de más de una especie de Sphacelotheca.

### Muestreo

Se utilizó un muestreo simple basado en las condiciones detectadas en la inspección preliminar. De acuerdo a la enfermedad detectada y al diseño utilizado en cada cultivo, se determinó la forma de muestreo a utilizar, válida estrictamente para esta investigación (Fig. 2). Un muestreo de este tipo, Shao (1960) lo llama "muestreo de juicio", porque obedece al criterio del investigador.

En el área de 540 metros cuadrados de cultivo inspeccionado, se seleccionaron cuatro puntos de muestreo de cuatro metros cuadrados cada uno; en cada punto se colectaron dos muestras de panojas infectadas y una de panojas sanas, se tomaron cinco panojas por muestra. Primeramente se contó el total de panojas sin separación alguna, en un segundo recuento se obtuvo el número de panojas infectadas y por diferencia se determinó el número de panojas sanas.

Se clasificó como panoja infectada la que estaba invadida en un tercio o más de su tamaño o en un 12% del total de granos de la panoja (Fig. 4). Las muestras colectadas se colocaron en bolsas de papel kraff, rotuladas con fecha de recolección, lugar muestreado y la enfermedad. Las panojas fueron secadas al sol hasta alcanzar un 12% de contenido de humedad. En estas condiciones se desgranaron las panojas sanas para obtener la semilla pura.

### Identificación de *S. cruenta* y *S. sorghi*.

En el campo, la identificación de *S. cruenta* y de *S. sorghi* se hizo por las características morfológicas de la planta, de la panoja y de semillas invadidas por estos carbones. Las características de las esporas se identificaron por medio de la observación al microscopio. Se tomaron como modelos las descripciones biológicas y gráficas dadas por Weber (1973) y Williams et al., (1978).

En la figura 3 se presenta una panoja de sorgo totalmente infectada por *S. cruenta*; en la Fig. 4 se comparan panojas con diferentes grados de infección por el mismo carbón.

En la Fig. 5 se presenta una sección de panoja de sorgo con infección total por *S. sorghi*; en la Fig. 6 se comparan semillas sanas y semillas infectadas por el mismo carbón.

### Porcentaje de infección por panoja.

Se desgranó manualmente cada panoja infectada; se separaron las semillas sanas, las invadidas por esporas, las anormalmente desarrolladas y las glumas con restos evidentes del hongo. Con estas cantidades se calculó el porcentaje de infección por panoja; este cálculo se hizo para cada muestra.

### Rendimiento

Con el peso de la semilla pura de las panojas sanas y de las panojas infectadas, se calculó el rendimiento en cada punto de muestreo y se expresó en quintales por manzana. Con la diferencia de rendimiento

de las panojas sanas y de las panojas infectadas se calculó la pérdida debida al carbón.

#### Prueba de viabilidad

Se determinó el por ciento de semillas viables por medio de la Prueba de Tetrazolium (2, 3, 5- triphenyl chloride) al 1% de concentración. La prueba consiste en una reacción fisiológica del tejido vivo del embrión al ponerse en contacto con la solución. Para esta prueba se utilizó la semilla pura. Trescientas semillas por muestra fueron precondicionadas con agua destilada en un beaker de 100 ml, durante 16 horas.

Las semillas reblandecidas fueron bisectadas longitudinalmente y se seleccionó la mitad que presentaba mejor exposición del embrión; para ésto se utilizó un estereoscopio. Las mitades seleccionadas se colocaron en la solución de Tetrazolium durante dos horas; después de este tiempo se lavaron las semillas y se sometieron a evaluación.

Se obtuvieron semillas viables y no viables, correspondientes a coloreadas y no coloreadas respectivamente. Se encontró semillas coloreadas parcialmente, para las cuales se tomó una decisión personal al evaluar (Frezzi et al., 1970; Delouche, et al., 1971)

#### Prueba de germinación

Se utilizaron 400 semillas puras por cada muestra, tanto de panojas sanas como infectadas. Para la siembra se utilizó un contador manual de 100 agujeros, para colocar 100 semillas por repetición, y se

utilizó como sustrato papel especial de germinación, rotulado con fecha y número de repetición.

Las cuatro repeticiones de una misma muestra se colocaron en bolsas plásticas, para ubicarlas en el cuarto de germinación. En éste, la temperatura se mantiene de 24 a 26°C y la humedad relativa de 63 a 65%. Se proporcionó iluminación con luz blanca y con una pizeta se aplicó el agua necesaria a cada muestra. El período dado para la germinación fue de 10 días.

Las evaluaciones se hicieron a los 5 y 10 días y se tomaron tres categorías: plantas normales, anormales y semillas muertas. Una plántula normal es la que desarrolla un sistema radicular completo, un tallo definido y parte foliar bien desarrollada. Cuando una de las estructuras primarias de la planta no se desarrolla bien, se evalúa como anormal y las semillas que nunca germinan se consideran como semillas muertas (ISTA, 1976; Beckendam & Grob, 1980).

#### Análisis estadístico

Para encontrar la mutua relación entre el porcentaje de semilla infectada por cada una de las enfermedades y el rendimiento, la viabilidad y la germinación, se calculó el Coeficiente de Correlación Simple. Este expresa cuantitativamente la similitud o diferencia observada entre las variables (Yamane, 1974; Ostle, 1979).

Se obtuvo el valor del Coeficiente con la fórmula siguiente:

$$r = \frac{\sum x y}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}}$$

En donde:

$r$  = Coeficiente de Correlación Lineal.

$x$  = Desviaciones respecto a la media de los datos X.

$y$  = Desviaciones respecto a la media de los datos Y.

## RESULTADOS

Sphacelotheca cruenta fue encontrada en la zona de Santa Cruz Porrillo, Departamento de San Vicente, en los cultivos de sorgo de los lugares denominados Los Naranjos y El Castaño. También se encontró en San Andrés, Departamento de La Libertad, en cultivos establecidos en los lugares denominados Flor Amarilla y San Andrés 1 (Fig. 1).

En la zona de Santa Cruz Porrillo, en los cuatro puntos muestreados en el lugar denominado Los Naranjos, se encontró de 81 a 89% de las panojas invadidas por S. cruenta; el promedio de infección fue de 85% y el promedio de panojas sanas fue de 15% (Cuadro 1). La infección de granos por panoja resultó de 16 a 20%, con promedio de 18.25% de semillas infectadas y 81.75% de semillas sanas (Cuadro 2).

Las panojas infectadas por S. cruenta, obtenidas de los cultivos de Los Naranjos, produjeron de 66 a 78 quintales por manzana, con un promedio de 72.7 quintales por manzana. Las panojas sanas produjeron 89.5 quintales por manzana y el rendimiento entre sana e infectada resultó de 81.1 quintales por manzana (Cuadro 3).

La semilla de las panojas infectadas por S. cruenta, obtenidas de Los Naranjos, tuvo de 72 a 76% de viabilidad, con un promedio de 74.5%; la germinación normal resultó de 63 a 69%, con un promedio de 67%. La semilla de las panojas sanas tuvo 86.2% de viabilidad y 81% de germinación. El promedio de viabilidad, entre sana e infectada fue de 80.4% y el promedio de germinación normal fue de 74% (Cuadros 4 y 5).

En el lugar denominado El Castaño, se detectó de 66 a 80% de panojas infectadas por S. cruenta, con un promedio de infección de 72%; el promedio de panojas sanas fue de 28% (Cuadro 1). La infección de granos por panoja fue de 15 a 21%, con un promedio de 18% de semillas infectadas y 82% de semillas sanas (Cuadro 2).

En estos cultivos de El Castaño, el rendimiento obtenido de las panojas infectadas por S. cruenta fue de 47 a 59 quintales por manzana, con un promedio de 52.2 quintales. Las panojas sanas rindieron un promedio de 72.2 quintales por manzana y entre sana e infectada el rendimiento promedio fue de 62.2 quintales por manzana (Cuadro 3).

La viabilidad de la semilla de las panojas infectadas por S. cruenta, obtenidas de El Castaño, resultó de 74 a 82%, con un promedio de 79%; la germinación normal resultó de 45 a 60%, con un promedio de 52.5%. La semilla de las panojas sanas resultó con una viabilidad promedio de 80.2% y con una germinación promedio de 58.5%. El promedio de semillas viables, entre panojas sanas e infectadas, fue de 79.6% y el promedio de germinación de 55.5% (Cuadros 4 y 5).

En resumen, en los cultivos de sorgo de la zona de Santa Cruz Porrillo, el promedio de panojas infectadas por S. cruenta fue de 78.5% y la infección por panoja de 18.1%. El rendimiento promedio de las panojas sanas fue de 80.9 quintales por manzana y el de las panojas infectadas de 62.5 quintales. Las panojas infectadas tuvieron un 76.5% de viabilidad y 69.7% de germinación normal. La viabilidad promedio de sana e infectada fue de 80.5% y la germinación de 64.7% (Cuadros 1, 2,

3, 4 y 5).

En esta zona de Santa Cruz Porrillo, la diferencia de rendimiento entre panojas sanas e infectadas por S. cruenta fue de 18.4 quintales por manzana, lo cual equivale a una pérdida de 22.96%. El rendimiento promedio entre sana e infectada fue de 71.7 quintales por manzana; la pérdida promedio de 11.5% (Cuadro 6).

En la zona de San Andrés, en el lugar denominado Flor Amarilla, la infección por S. cruenta fue de 68 a 78%, con un promedio de 73%; el promedio de panojas sanas fue de 27% (Cuadro 1). La infección de granos por panoja fue de 15 a 20%, con un promedio de 18% y la semilla sana alcanzó 82% de promedio (Cuadro 2).

En los cultivos de Flor Amarilla, el rendimiento de las panojas infectadas por S. cruenta fue de 41 a 55 quintales por manzana, con un promedio de 45.7 quintales. Las panojas sanas produjeron 51 quintales y entre sana e infectada el promedio fue de 48.4 quintales por manzana (Cuadro 3).

La semilla de las panojas infectadas por S. cruenta, obtenidas de Flor Amarilla, tuvo de 86 a 92% de viabilidad, con un promedio de 88%; la germinación resultó de 53 a 63%, con un promedio de 58%. La semilla de las panojas sanas tuvo 78.5% de viabilidad y 66.2% de germinación; entre sana e infectada la viabilidad fue de 83.2% y la germinación de 62.1% (Cuadros 4 y 5).

En el lugar denominado San Andrés 1, la infección por S. cruenta fue de 95 a 97%, con un promedio de 96%; el promedio de panojas sanas

fue de 4% (Cuadro 1). La infección de granos por panoja de 10 a 16%, con un promedio de 12.5% y la semilla sana alcanzó 87.5% de promedio (Cuadro 2).

En los cultivos de San Andrés 1, el rendimiento de las panojas infectadas por S. cruenta fue de 62 a 70 quintales por manzana, con un promedio de 65 quintales por manzana. Las panojas sanas produjeron 72 quintales por manzana y entre sana e infectada el promedio fue de 68.5 quintales por manzana (Cuadro 3).

La viabilidad de la semilla de las panojas infectadas por S. cruenta, obtenidas de San Andrés 1, fue de 80 a 87%, con un promedio de 83.5%; la germinación resultó de 63 a 67%, con un promedio de 65%. La semilla de las panojas sanas tuvo 85% de viabilidad y 69.2% de germinación; entre sana e infectada la viabilidad promedio fue de 84.2% y la germinación promedio de 67.1% (Cuadros 4 y 5).

En resumen, en los cultivos de sorgo de la zona de San Andrés, el promedio de infección por S. cruenta fue de 84.5% y la infección de granos por panoja de 15.2%. El rendimiento promedio de las panojas sanas fue de 61.5 quintales por manzana y de las panojas infectadas se obtuvo 55.4 quintales por manzana; el promedio entre sana e infectada fue de 58.4 quintales por manzana. Las panojas infectadas produjeron semilla con 87.7% de viabilidad y 61.5% de germinación normal. Entre sana e infectada, la viabilidad fue de 83.7% y la germinación de 64.6% (Cuadros 1, 2, 3, 4 y 5). En esta zona de San Andrés, la pérdida producida en las panojas infectadas fue de 9.7% y la pérdida promedio entre

sana e infectada de 4.6% (Cuadro 6).

En la Figura 7 se presenta el resumen gráfico del rendimiento y de la calidad del sorgo invadido por el hongo S. cruenta en Los Naranjos, El Castaño, Flor Amarilla y San Andrés 1. En total, la infección detectada en estos lugares de El Salvador fue de 81.5% y la infección de granos por panoja fue de 16.7%; esta infección produjo una pérdida del 16.3% y una disminución de 1.4% en la viabilidad y de 8.1% en la germinación de la semilla.

La otra especie de Sphacelotheca estudiada S. sorghi, fue detectada en la zona de San Andrés, Departamento de La Libertad, en un cultivo del lugar denominado San Andrés 1. En el Departamento de Sonsonate se encontró en dos cultivos de la Hacienda Canadá.

En San Andrés 1, S. sorghi produjo de 96 a 98% de infección, con un promedio de 97% de panojas infectadas y 3% de panojas sanas (Cuadro 7). La infección de granos por panoja fue de 9 a 14%, con un promedio de 11.5% (Cuadro 8).

El rendimiento obtenido de las panojas infectadas por S. sorghi en San Andrés 1, fue de 73 a 76 quintales por manzana, con un promedio de 74.75 quintales por manzana. Las panojas sanas rindieron 76 quintales por manzana y entre sana e infectada el rendimiento promedio fue de 75.4 quintales por manzana (Cuadro 9).

La semilla de las panojas infectadas por S. sorghi en el cultivo de San Andrés 1, tuvo de 70 a 85% de viabilidad, con un promedio de 76.25%; la germinación normal resultó de 52 a 56%, con un promedio de

54%. Las panojas sanas produjeron semilla con 79% de viabilidad y 55.5% de germinación normal. El promedio de viabilidad entre sana e infectada, fue de 77.6% y el promedio de germinación de 54.75% (Cuadros 10 y 11).

En San Andrés 1, fue de 1.6% la pérdida producida en el rendimiento, el 11.5% de infección de S. sorghi. La pérdida entre panojas sanas e infectadas fue de 0.8% (Cuadro 12).

En la Hacienda Canadá de Sonsonate, se encontró S. sorghi en dos cultivos de sorgo. En el cultivo #1 se detectó una infección de 62 a 88%, con un promedio de 77% de panojas infectadas y 23% de panojas sanas (Cuadro 7). La infección de granos por panoja fue de 10 a 14%, con un promedio de 11.25%; el promedio de semilla sana fue de 88.75% (Cuadro 8).

En el cultivo #1, de las panojas infectadas con S. sorghi se obtuvo un rendimiento de 58 a 69 quintales por manzana, con un promedio de 64 quintales por manzana. Las panojas sanas rindieron 73 quintales por manzana y entre sana e infectada se logró 68.5 quintales por manzana (Cuadro 9).

La viabilidad de la semilla de las panojas infectadas por S. sorghi, en el cultivo #1 de la Hacienda Canadá, resultó de 82 a 92%, con un promedio de 88.5%; la germinación resultó de 54 a 67%, con un promedio de 61.25%. La semilla de las panojas sanas resultó con una viabilidad de 94.75% y una germinación de 71%. Entre sana e infectada, la viabilidad promedio fue de 91.6% y la germinación de 66.1% (Cuadros

10 y 11).

En el cultivo #2 de la Hacienda Canadá, se detectó de 84 a 93% de panojas infectadas con S. sorghi, con un promedio de 88%; el promedio de panojas sanas fue de 12% (Cuadro 7). En una panoja se observó de 10 a 14% de semillas infectadas, con un promedio de 11.75%; las semillas sanas alcanzaron el promedio de 88.25% (Cuadro 8).

Las panojas infectadas con S. sorghi, del cultivo #2 de la Hacienda Canadá, rindieron de 30 a 44 quintales por manzana, con un promedio de 36 quintales por manzana. Las panojas sanas rindieron 57 quintales por manzana y entre sana e infectada se logró 46.5 quintales por manzana (Cuadro 9).

La viabilidad de la semilla de las panojas infectadas con S. sorghi, recolectadas del cultivo #2, resultó de 84 a 94%, con un promedio de 89%; la germinación resultó de 67 a 79%, con un promedio de 73.5%. La semilla de las panojas sanas resultó con 90.5% de viabilidad y 77% de germinación. Entre sana e infectada, el promedio de viabilidad fue de 89.75% y el de germinación de 75.25% (Cuadros 10 y 11).

En resumen, los cultivos de sorgo de la zona de Sonsonate mostraron un 82.5% de panojas infectadas; éstas presentaron un promedio de 11.5% de semillas con el "carbón cubierto". El rendimiento promedio de estas panojas fue de 50 quintales por manzana y el de las panojas sanas de 65 quintales por manzana; el promedio entre sana e infectada fue de 57.5 quintales por manzana. La viabilidad de la semilla de las panojas infectadas fue de 88.75% y la germinación de 67.37%. La viabi-

lidad del sorgo sano fue de 92.6% y la germinación de 74% (Cuadros 7, 8, 9, 10 y 11).

En los cultivos de Sonsonate, la pérdida en las panojas infectadas por S. sorghi fue de un 24.3% y entre sana e infectada, fue de 12.2% (Cuadro 12).

En la Figura 8 se presenta el resumen gráfico del rendimiento y de la calidad del sorgo invadido por S. sorghi en San Andrés I y en la Hacienda Canadá. En total, la infección detectada en estas zonas de El Salvador fue de 87.3% y la infección por panoja de 11.5%; esta infección produjo una pérdida del 16.8%, una disminución de 3.5% en la viabilidad y de 4.9% en la germinación de la semilla.

En los cuadros 13 y 14 se presentan los Coeficientes de Correlación obtenidos al comparar la infección con el rendimiento, la viabilidad y la germinación; separadamente como correlaciones simples. Estos Coeficientes se obtuvieron para cada zona donde se encontró cada especie de Sphacelotheca.

Para los sorgos de Santa Cruz Porrillo infectados por S. cruenta, los Coeficientes de  $-0.1790404$ ,  $-0.0561896$  y  $-0.230223$  expresan una correlación inversa baja entre el porcentaje de infección por panoja y el rendimiento, viabilidad y germinación, respectivamente. Para los sorgos de San Andrés, infectados por S. cruenta, los Coeficientes de  $-0.7466419$  y  $-0.5058323$  muestran una correlación inversa media de la infección por panoja con rendimiento y germinación, respectivamente; el valor de  $-0.075196$  expresa una correlación inversa baja entre la

infección por panoja y la viabilidad de la semilla (Cuadro 13).

Para los sorgos de San Andrés, infectados por S. sorghi, el valor de -0.85353206 indica una correlación inversa alta entre la infección por panoja y el rendimiento; el valor de -0.4763895 indica una correlación inversa media entre la infección por panoja y la viabilidad de la semilla; el valor de -0.3721042 indica una correlación inversa baja entre la infección por panoja y la germinación. Para los sorgos de la Hacienda Canadá, los Coeficientes de -0.4083069, -0.2941295 y -0.111335058 expresan una correlación inversa baja entre los porcentajes de infección por panoja y el rendimiento, la viabilidad y la germinación, respectivamente (Cuadro 14).

En la figura 9 se muestran los porcentajes de panojas y de semillas de sorgo infectadas por S. cruenta y S. sorghi comparados con los porcentajes obtenidos de panojas sanas.

En la figura 10 se muestra el rendimiento obtenido de los cultivos infectados por S. cruenta y de los cultivos con S. sorghi.

En la figura 11 se compara la viabilidad y la germinación de la semilla de las panojas sanas, de las panojas infectadas por S. cruenta y por S. sorghi, separadamente.

## DISCUSION

En Santa Cruz Porrillo se encontró de 66 a 89% de las panojas infectadas por Sphacelotheca cruenta y el promedio de infección en la zona fue de 78.5%. En San Andrés se encontró de 68 a 97% de panojas con este carbón; el promedio de panojas infectadas en estos cultivos fue de 84.5%. Totalizando estas zonas donde se detectó S. cruenta, la infección resultó de 66 a 97%, con un promedio de 81.5% (Cuadro 1; Fig. 9).

Los anteriores porcentajes acusan una alta infección, es decir, S. cruenta infecta más del 80% de las plantas, de diferentes variedades de sorgo, en El Salvador.

Wellman (1972) realizó estudios de los carbones de maíz y sorgo en América Latina; en Centro América encontró el "carbón volador", como una infección severa en cultivos de sorgo de variedades procedentes de U.S.A. y Europa. Este investigador no reporta datos de evaluación de la enfermedad; sin embargo, sus conclusiones se refieren a la observación de un gran número de plantas afectadas por el carbón, tal como se encontró en la presente investigación.

El Centro de Tecnología Agrícola (CENTA, 1980 b), reporta que S. cruenta es causante de una severa enfermedad en el sorgo. No se estipula cuantificación de la severidad de la enfermedad, ni tampoco su efecto sobre la producción; pero por la recomendación dada de quemar los cultivos invadidos por esta enfermedad, se deduce que el carbón se encontró en la mayoría de las plantas del cultivo. Esto ha sido eviden-

te en los resultados de la actual investigación (Cuadro 1).

Sin embargo, en India el "carbón volador" se encontró poco abundante (Sharma et al., 1980). En Africa se reporta baja incidencia de esta enfermedad (Selvaraj, 1978) y en U.S.A. la enfermedad no tiene mayor importancia (Wellman, 1972). Igualmente, Wall & Ross (1975) refieren que la enfermedad es reducida, pues raras veces ataca más del 10% de las plantas de un cultivo.

Se sabe que las condiciones ambientales son algunos de los muchos factores que introducen variación en el grado de infección de los cultivos de sorgo, en las diferentes regiones del mundo (Marcy, 1937; Wall & Ross, 1975; Frowd, 1978).

También, el grado de incidencia de S. cruenta en un cultivo difiere con la variedad de sorgo cultivada, siendo las variedades y los híbridos muy susceptibles a S. cruenta, como lo comprobaron Melcher & Hansing (1943). En U.S.A. se ha logrado reducir la enfermedad con la producción de variedades resistentes y tratamiento de la semilla (Harris et al., 1958; Bovey, 1971; King, 1972; Wall & Ross, 1975).

Frowd (1978) indica que la presencia de S. cruenta en cultivos de sorgo raras veces se ve como un problema, desde que se usa el tratamiento químico de la semilla.

En cuanto a la infección de granos por panoja, por S. cruenta, es necesario primero aclarar que al recolectar las muestras se clasificó como infectada la panoja invadida en un tercio o más de su tamaño. Se tomó este criterio de infección porque en algunas áreas to-

das las panojas presentaban esporas dispersas sin llegar a constituir masas carbonosas, éstas se evaluaron como panojas sanas. Doggett (1970) explica que un cultivo sistémicamente infectado, siempre está expuesto a una infección secundaria por dispersión de esporas y generalmente todas las plantas presentan evidencia de esporas. Esta infección se desarrolla severamente en sorgos de rebrote (Selvaraj, 1978; Williams et al., 1978).

Las panojas obtenidas de los cuatro cultivos de Santa Cruz Porrillo y de San Andrés, presentaron promedios de 10 a 21% de semillas infectadas por S. cruenta. El promedio general de granos infectados fue de 16.7% (Cuadro 2, Fig. 9).

El porcentaje de granos con carbón claramente visible es relativamente bajo, pero un simple exámen de la panoja al estereoscopio revela un mayor número de semillas manchadas por esporas del hongo. Estas semillas generalmente no son eliminadas en el análisis de pureza y son las que transmiten la enfermedad en forma sistémica (Lewis, 1951); Dean, 1966; Parodi et al., 1971; King, 1972; Sundaram, 1978).

Para valorar la cuantía del daño que causa S. cruenta, es necesario analizar su efecto sobre el rendimiento y la calidad del sorgo.

Las panojas infectadas por S. cruenta, obtenidas de los cultivos de Santa Cruz Porrillo y de San Andrés, produjeron de 41 a 78 quintales por manzana, con un promedio total de 58.9 quintales por manzana. Las panojas sanas dieron de 46 a 96 quintales por manzana, con un promedio total de 71.2 quintales por manzana. El rendimiento promedio en-

tre sana más infectada fue de 65.1 quintales (Cuadro 3, Fig. 10).

Si se toma como el 100% el rendimiento de las panojas sanas, se encuentra una disminución de 16.3% en el rendimiento de las panojas infectadas. La pérdida promedio entre sana más infectada fue de 8% (Cuadro 6; Fig. 10), el cual es un porcentaje de pérdida relativamente bajo.

En Nigeria, King (1972) encontró pérdidas del 2%. Selvaraj (1978), en otros lugares de Africa, detectó igual porcentaje de pérdida. (Sundaram (1978) reporta pérdidas menores del 10% producidas por S. cruenta. Esto demuestra que este hongo produce pérdidas relativamente bajas en el rendimiento del sorgo.

Frowd (1978) especifica que S. cruenta en países de Africa se encuentra ampliamente distribuida, y en cultivos realizados con semilla tratada la pérdida es mínima (2%). Las pérdidas mayores se producen al sembrar semilla no tratada y en los sorgos de rebrote o de doble cosecha.

Los porcentajes de semilla infectadas por S. cruenta, correlacionados con el rendimiento, indican que al aumentar la cantidad de granos infectados, el rendimiento disminuye. Es decir que existe una correlación inversa entre la infección por panoja y el rendimiento (Cuadro 13). Una situación similar, en la que el porcentaje de panojas infectadas es directamente proporcional al porcentaje de pérdida, fue encontrada por Sundaram (1978).

Para las dos zonas, el promedio de viabilidad de la semilla de

las panojas infectadas por S. cruenta fue de 81.1% y el de la semilla de las panojas sanas fue de 82.5%. Esto indica viabilidad alta y similar. Por lo tanto, estos resultados apoyan lo ya establecido, que el hongo no mata al embrión durante la infección secundaria en el campo; si no que sus esporas se establecen en la semilla, la acompañan durante el almacenamiento; finalmente, al llegar al suelo de cultivo, germinan y dañan el embrión, con la consiguiente disminución de la producción de granos en la panoja (Acuña Ovies et al., 1978).

El promedio de germinación de la semilla de las panojas infectadas por S. cruenta fue de 60.6% y el de la semilla de las panojas sanas de 68.7%. Estos porcentajes son bajos en relación al porcentaje de germinación requerido para la certificación de sorgo, el cual es de 80 a 100% (Echandi, 1982 b).

El análisis estadístico expresa una baja correlación inversa entre el porcentaje de infección por panoja, la viabilidad y germinación (Cuadro 13). Esto significa que la presencia de S. cruenta en la panoja es pérdida en la producción y la calidad de la semilla de sorgo.

Con respecto a este último tema, Sundaram (1978) especifica que la semilla de sorgo de alta calidad produce plantas con cierta resistencia al ataque de carbones. También indica que la baja calidad de la semilla es causada por hongos del género Fusarium. En este punto está de acuerdo con lo observado en esta investigación, pues en la prueba de germinación se observó desarrollo de Curvularia y Fusarium.

Estos hongos han sido culpados como responsables directos de la

formación de plántulas anormales (Frezzi et al., 1970; Benítez Alvarez, 1985).

El control más efectivo de S. cruenta es por medio del tratamiento de la semilla con Tetramethylthiuram disulfide o con fungicidas semejantes a éste. La acción del fungicida es sobre las esporas del hongo, así la buena calidad de la semilla asegura resistencia a los carbones (Lwwis, 1951; Frowd, 1978; Selvaraj, 1978).

En cuanto a la presencia de Sphacelotheca sorghi en los cultivos de sorgo, se detectó que en los cultivos de San Andrés la infección fue alta, de 96 a 98%, con un promedio de 97%. En Sonsonate, la infección fue menor, de 62 a 93%, con un promedio de 82.5%, a pesar de que la temperatura en ambos lugares es similar y favorable al desarrollo de la enfermedad. En las dos zonas, la infección resultó de 62 a 98%, con un promedio total de 87.3% (Cuadro 7; Fig. 9).

En resumen, S. sorghi se encontró en más del 85% de las panojas de los cultivos de sorgo estudiados. Este grado de infección es alto y similar a lo reportado por Melchers (1926) en otros países.

De igual manera, Wellman (1972) encontró S. sorghi en El Salvador y caracterizó a este hongo como causante de una enfermedad que produce pérdidas en los cultivos de sorgo. En una investigación en sorgos criollos y dirigida para estudiar el "carbón cubierto", Wellman registró infecciones de 1 a 42%. También encontró pérdidas de consideración económica en Cuba, Costa Rica y Brasil.

Actualmente, el "carbón cubierto" es considerado una enfermedad

que causa serios problemas y se ha reportado en Canadá, Guatemala, Chile, Dinamarca, Australia, India, y demás regiones sorgueras del mundo (Doggett, 1970; Frowd, 1978; Fuentes y Salguero, 1984). Pero el desarrollo de esta enfermedad en las plantas es limitado por las condiciones de temperatura del lugar, por los niveles de Nitrógeno en el suelo y por las condiciones de humedad ambiental (Kulkarni, 1923; Sundaram, 1978).

En este estudio, la recolección de las panojas infectadas se realizó en cultivos de cosecha de época lluviosa y la infección resultó de 62 a 98%. En India, S. sorghi se ha encontrado en cultivos de sorgo y de maíz en la época lluviosa especialmente de Agosto a Septiembre, con un porcentaje de infección de 50 a 60%. En esta región del mundo, la temperatura parece ser favorable al desarrollo de la enfermedad (Kulkarni, 1923; Isenbeck, 1935).

Los porcentajes de semillas infectadas por S. sorghi, en las panojas de los cultivos de San Andrés y de la Hacienda Canadá, fueron de 9 a 14%, con 11.5% de promedio (Cuadro 8; Fig. 9). Este resultado es similar al máximo de infección detectado en Egipto, donde S. sorghi produjo de 5 a 10% de pérdida de granos por panoja (Sundaram, 1978).

En una panoja infectada, hay masas de carbón que se cuentan como granos infectados. Por esta razón, una panoja visiblemente llena de polvillo negro que no constituye masas, resulta con bajo porcentaje de semillas infectadas. La semilla infectada conserva las esporas y las porta consigo hasta la siembra; así la enfermedad se mantiene y se de-

sarrolla de acuerdo a las condiciones ambientales y demás factores agronómicos (Sundaram, 1978; Frowd, 1978). La infección sistémica siempre asegura la infección posterior mediante la liberación de esporas. Este mecanismo de propagación de la enfermedad es lo que hace que se convierta en un peligro si no se controla a tiempo (Harris et al., 1958; Sundaram, 1978).

Las panojas infectadas por S. sorghi, obtenidas de San Andrés y de la Hacienda Canadá, produjeron de 30 a 76 quintales por manzana y el rendimiento promedio fue de 58.2 quintales por manzana (Cuadro 9). Las panojas sanas rindieron de 53 a 78 quintales por manzana, con un promedio total de 68.6 quintales por manzana. El rendimiento promedio total entre sana e infectada fue de 63.4 quintales por manzana (Cuadro 9; Fig. 10).

Del rendimiento de las panojas sanas al de las panojas infectadas, la pérdida es de 10.4 quintales por manzana, equivalente a un 16.8% (Cuadro 12; Fig. 10). Este porcentaje de pérdida en el rendimiento, es del mismo orden de las pérdidas de 5 a 10%, registradas en sorgos cultivados en Africa (Frowd, 1978; Sundaram, 1978). Sin embargo, en India las pérdidas registradas han sido de 20 a 60% en otras regiones del mundo, también se ha reportado pérdidas de considerable valor en cultivos de semilla no tratada (Melchers, 1926; Frowd, 1978).

El Coeficiente de Correlación entre el porcentaje de granos infectados por S. sorghi y el rendimiento, expresa una correlación inversa. Es decir, que la producción efectiva es menor cuando las panojas tie-

nen mayor grado de infección (Cuadro 14). Esta misma correlación ha sido comprobada por Sundaram (1978) en otras zonas del mundo.

En los cultivos de San Andrés y de la Hacienda Canadá, la viabilidad promedio de la semilla de las panojas sanas resultó de 88% y la de las panojas infectadas por S. sorghi disminuyó a 84.6% (Cuadro 10; Fig. 11). Estos porcentajes son similares entre sí, pero no son los esperados para una semilla recién cosechada. Se sospecha que hay un factor que daña el tejido embrionario y puede estar relacionado con los hongos de la panoja. Durante la prueba de viabilidad, más del 15% de las semillas de las panojas infectadas presentaron un embrión no coloreado o parcialmente teñido; estas semillas se evaluaron como muertas.

El promedio de germinación de la semilla de las panojas sanas, resultó de 67.8% y el de las panojas infectadas por S. sorghi fue de 62.9%. Ambos valores son bajos y este resultado se interpreta como el efecto directo de hongos portados por la semilla en sus tejidos. Durante la prueba de germinación, se observó un 35% de plántulas con proliferación de *Curvularia* y *Fusarium*. Las plántulas invadidas iniciaron un desarrollo anormal y posteriormente fueron muertas por el desarrollo de los hongos mencionados. Estos hongos ya han sido reportados como de los más frecuentes hongos del campo en las semillas (Benítez Alvarez, 1985).

La infección por panoja, correlacionada con la viabilidad y la germinación resultó inversamente proporcional (Cuadro 14); es decir, que la viabilidad y la germinación disminuyen al aumentar el número de granos infectados por S. sorghi.

La baja germinación expresa daño en la calidad de la semilla, como efecto de un complejo de microorganismos, mayormente representados por hongos del género Fusarium (Sundaram, 1978). Es obvio suponer que, al sembrar semilla de baja calidad y obtenida de un cultivo infectado por S. sorghi, se obtendrá un cultivo con mayor susceptibilidad al desarrollo de la enfermedad del "carbón cubierto" del grano. Por este motivo, muchos investigadores recomiendan el tratamiento de la semilla, para obtener cultivos con cierto grado de resistencia a los carbones (Harris et al., 1958; Doggett, 1970; Sundaram, 1978; Frowd, 1978).

Importantes consideraciones se puntualizan al resumir lo referente a los dos "carbones" S. cruenta y S. sorghi en los cultivos de sorgo de El Salvador.

Sphacelotheca cruenta y S. sorghi fueron encontradas, ambas, en la zona de San Andrés, pero en cultivos diferentes y territorialmente separados. En los cultivos de Santa Cruz Porrillo, solamente se encontró la especie S. cruenta y en la Hacienda Canadá de Sonsonate, solamente se encontró S. sorghi.

La exclusión de una especie por la otra puede tener relación con la susceptibilidad de las variedades de sorgo hacia los carbones. En India, en sorgos híbridos se ha encontrado prevaleciente la especie S. cruenta y muy poco S. sorghi (Sharma et al., 1980). En China se han encontrado variedades de sorgo inmunes a S. cruenta y susceptibles a S. sorghi, (Wall & Ross, 1975); en U.S.A. se han desarrollado híbridos con resistencia a S. sorghi (Marcy, 1937).

La selectividad de una especie de Sphacelotheca por una región determinada, es una adaptación debida a la interacción de los factores climáticos con los factores agronómicos. Así como en El Salvador, se ha encontrado que S. cruenta y S. sorghi no coexisten en una misma panoja, ni en un mismo cultivo; en Africa se han encontrado razas diferentes a las encontradas en U.S.A. (Gorter, 1961; Doggett, 1970).

El grado de infección en los cultivos por S. cruenta es alto (81.5%), similar a la infección por S. sorghi (87.3%). El grado de infección de semillas de la panoja por S. cruenta es bajo (16.7%) y similar al grado de infección por S. sorghi (11.5%). En la figura 9 se aprecia el acercamiento y magnitud de estos valores.

El alto porcentaje de panojas infectadas en los cultivos, es la consecuencia de las dos etapas de infección a la que está expuesta la planta. Al momento de la germinación de la semilla en el suelo, las esporas portadas en sus cubiertas germinan y producen la infección sistémica de las estructuras embrionarias. Posteriormente, las panojas infectadas esparcen las esporas por el aire y se produce la infección secundaria, que se suma a la infección primaria (Lewis, 1951; Williams et al., 1978).

El bajo porcentaje de granos infectados por panoja, se puede interpretar como el resultado de condiciones ambientales poco favorables al desarrollo del carbón; también puede considerarse como cierto grado de resistencia de la variedad de sorgo cultivado. La buena calidad de semilla produce plantas con resistencia a los carbones. Además, la ba-

ja incidencia del carbón en la panoja, puede ser el resultado del tratamiento químico de la semilla, ya que en diferentes regiones de otros países la enfermedad se ha reducido con el uso de fungicidas (Sundaram, 1978).

La literatura reporta que el control más eficaz de los carbones del sorgo, es por medio del tratamiento químico, con un fungicida sistémico que actúe de la misma manera que el hongo, y penetre a la plántula inmediatamente después de la germinación en los mismos puntos donde ataca el hongo (FAO, 1985).

Muchas investigaciones dirigidas al control de los carbones del sorgo, han tropezado con la dificultad de la influencia de los factores ambientales, en el desarrollo y propagación de la enfermedad. Conocido es que las enfermedades de los cultivos, son más frecuentes en suelos fríos, húmedos, de bajo contenido de oxígeno. También se ha experimentado que las enfermedades transmitidas en la semilla no prevalecen en zonas de poca precipitación pluvial y a temperaturas altas durante la época del cultivo. Usualmente, la semilla que se produce en estas condiciones está libre de hongos. Pero, Sphacelotheca se ha encontrado en suelos secos con bajo contenido de Nitrógeno y en ambientes relativamente calurosos (Frowd, 1978); (Renfro, 1985).

Las anteriores consideraciones se deben tomar en cuenta, para combatir a Sphacelotheca dentro de su ciclo biológico o por sus exigencias ecológicas. Al investigar un control de este tipo se debe partir del hecho que el patógeno tiene dos fases activas; una durante el

proceso de germinación de la semilla y formación de la plántula, la otra durante la madurez de las panojas.

En la figura 10 se muestra el rendimiento obtenido de los cultivos infectados por S. cruenta y de los cultivos con S. sorghi. También aquí se aprecia un comportamiento similar para ambas especies de Sphacelotheca. En las panojas sanas el rendimiento es significativamente mayor que en las infectadas.

El alto porcentaje de panojas infectadas en los cultivos no siempre indica bajo rendimiento, porque el alto porcentaje de infección en la panoja siempre trae como consecuencia una pérdida considerable en el rendimiento. La coincidencia de alta infección en el cultivo y en la panoja, es una situación lesiva a la economía (Dean, 1966; Aleksandrov, 1980).

En esta investigación se ha encontrado alto porcentaje de panojas infectadas en los cultivos y bajo porcentaje de granos infectados en las panojas; considerando que el grado de infección de la panoja es determinante para el rendimiento, se hizo la correlación entre estos factores y resultaron con relación inversa; esta información coincide con las obtenidas por Parodi et al., (1971); Wellman, (1972) y Sundaram, (1978).

En la figura 11 se compara la viabilidad y la germinación de la semilla de las panojas sanas, de las panojas infectadas por S. cruenta y por S. sorghi, separadamente. Se puede observar que ambos aspectos de calidad mantienen la tendencia a disminuir por efecto de los carbo-

nes. La infección por panoja con la calidad de la semilla mantienen correlación inversa.

La reducción de la germinación ha sido cuantitativamente baja. Es conocido que muchos patógenos portados en las semillas, no reducen la germinación, pero se multiplican en las plántulas. El período entre germinación y establecimiento es un momento crítico, si hay infección las plántulas pueden sucumbir antes o después de brotar; las plántulas que sobreviven pueden ser menos vigorosas y productivas (FAO, 1985; Renfro, 1985).

Una plantación infectada por carbones verdaderos, produce semillas, que después de la depuración parecen sanas; pero en sus cubiertas contienen al patógeno en forma de micelio. Al germinar las semillas las plántulas son atacadas sistémicamente; la enfermedad permanece latente y al madurar las plantas se desarrolla el carbón en los puntos inicialmente afectados. El principal daño se produce en la calidad de la cosecha (Alexopoulos, 1976; FAO, 1985).

El efecto dañino de S. cruenta y de S. sorghi sobre el rendimiento y la calidad de la semilla es de esperarse, porque el hongo ataca los puntos donde se originan los granos y su máximo desarrollo lo alcanza al punto de madurez de la panoja (Doggett, 1970; Wellman, 1972).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Sphacelotheca cruenta y S. sorghi se encontraron en cultivos diferentes y territorialmente separados; la existencia de una especie parece excluir la presencia de la otra. Las causas por las cuales la existencia de una enfermedad excluye a la otra, es un aspecto cuya investigación puede dar las bases para la erradicación de estos carbones en una zona determinada.

El grado de infección en los cultivos fue alto, S. cruenta se encontró en el 81.5% de las panojas y S. sorghi se encontró en el 87.3%.

El grado de infección de la panoja fue bajo. Sphacelotheca cruenta se encontró en el 16.7% de los granos en las panojas infectadas y S. sorghi en el 11.5%.

La infección por panoja tiene relación inversa con el rendimiento es decir que, al aumentar el número de los granos infectados, el rendimiento disminuye.

Sphacelotheca cruenta y S. sorghi causan pérdida en la producción y calidad de la semilla de sorgo. Las pérdidas obtenidas fueron de 16.3% y de 16.8% respectivamente, de la semilla de sorgo, estas pérdidas tienen importancia económica.

La viabilidad de la semilla es poco afectada por los hongos S. cruenta y S. sorghi. En las panojas con S. cruenta, la viabilidad de la semilla resultó de 81.1%; en las panojas con S. sorghi, la semilla tuvo viabilidad de 84.6%.

La germinación de la semilla es disminuida por S. cruenta y S. sorghi.

La semilla de las panojas invadidas por S. cruenta germinó normalmente en un 60.6%; en las panojas sin este carbón la germinación fue de 68.7%. En el sorgo infectado por S. sorghi, la germinación resultó de 62.9%; de las panojas sanas germinó el 67.8% de semillas.

La calidad de la semilla varía en relación inversa al grado de infección de la panoja. Lo que significa, que los porcentajes de viabilidad y de germinación, disminuyen al aumentar el porcentaje de granos infectados en la panoja.

Ambas enfermedades tuvieron un comportamiento similar en cuanto a su influencia sobre el rendimiento y la calidad de la semilla de sorgo.

La semilla aparentemente sana, obtenida de un cultivo infectado, es portadora de esporas que germinan juntamente con la semilla en el campo; así se producen infecciones sistémicas. En una zona donde se haya detectado Sphacelotheca, no es recomendable dejar la plantación para una segunda cosecha, porque así es como el hongo completa su ciclo reproductor y la enfermedad se desarrolla hasta alcanzar proporciones peligrosas.

En las semillas que no germinan o que germinan anormalmente, se desarrollaron hongos de campo de los géneros Fusarium y Curvularia; estos hongos son en parte responsables de la baja calidad de la semilla y de la susceptibilidad de las plantas a los carbones en el campo.

Para el control de la enfermedad producida por los hongos del género Sphacelotheca, es necesario sembrar semilla de buena calidad. De igual forma, para producir un cultivo con cierta resistencia a los carbones y evitar brotes epidémicos de la enfermedad, se debe tratar la semilla con Tetramethylthiuram disulfide u otros fungicidas similares. De esta manera, también se excluyen los hongos de campo.

Finalmente, es recomendable determinar la época más propicia y los factores que favorecen el desarrollo de los carbones del sorgo, para combatirlos por su ecología.

Cuadro 1. Porcentajes de panojas sanas comparadas con porcentajes de panojas infectadas por Sphacelotheca cruenta. Evaluación realizada en cultivos de sorgo de Santa Cruz Porrillo (San Vicente) y San Andrés (La Libertad).

LOCALIZACION DEL CULTIVO	PUNTOS MUESTREADOS, 4 m <sup>2</sup> c/u					
	I	II	III	IV	∑	$\bar{X}$
<u>Santa Cruz Porrillo</u>						
Los Naranjos						
Sana	15	15	19	11	60	15
Infectada	85	85	81	89	340	85
El Castaño						
Sana	33	34	25	20	112	28
Infectada	67	66	75	80	288	72
∑ Infectada	152	151	156	169	628	157
$\bar{X}$	76.0	75.5	78.0	84.5	314	78.5
<u>San Andrés</u>						
Flor Amarilla						
Sana	30	22	24	32	108	27
Infectada	70	78	76	68	292	73
San Andrés 1						
Sana	4	3	5	4	16	4
Infectada	96	97	95	96	384	96
∑ Infectada	166	175	171	164	676	169
$\bar{X}$	83.0	87.5	85.5	82.0	338	84.5
∑ Sana	82	74	73	67	296	74
$\bar{X}$	20.5	18.5	18.2	16.7	74	18.5
∑ Infectada	318	326	327	333	1304	326
$\bar{X}$	79.5	81.5	81.75	83.25	326	81.5

Cuadro 2 Porcentajes de semillas sanas e infectadas por Sphacelotheca cruenta en una panoja. Evaluación realizada en cultivos de sorgo de Santa Cruz Porrillo (San Vicente) y San Andrés (La Libertad).

LOCALIZACION DEL CULTIVO	PUNTOS MUESTREADOS, 4 m <sup>2</sup> c/u						
	I	II	III	IV	∑	$\bar{X}$	
<u>Santa Cruz Porrillo</u>							
Los Naranjos							
Sana	81	82	84	80	327	81.75	
Infectada	19	18	16	20	73	18.25	
El Castaño							
Sana	79	80	84	85	328	82.0	
Infectada	21	20	16	15	72	18.0	
∑ Infectada	40	38	32	35	145	36.25	
$\bar{X}$	20	19	16	17.5	72.5	18.12	
<u>San Andrés</u>							
Flor Amarilla							
Sana	82	81	80	85	328	82	
Infectada	18	19	20	15	72	18	
San Andrés 1							
Sana	90	89	87	84	350	87.5	
Infectada	10	11	13	16	50	12.5	
∑ Infectada	28	30	33	31	122	30.5	
$\bar{X}$	14	15	16.5	15.5	61	15.2	
∑ $\bar{X}$	Sana	332	332	335	334	1333	333.25
∑ $\bar{X}$		83	83	83.75	83.5	333.25	83.31
∑ $\bar{X}$	Infectada	68	68	65	66	667	66.75
∑ $\bar{X}$		17	17	16.25	16.5	66.75	16.68

Cuadro 3. Rendimiento, en quintales por manzana (qq./mz.), de panojas de sorgo sanas y de panojas infectadas por Sphacelotheca cruenta y rendimiento promedio. Evaluación realizada en cultivos de Santa Cruz Porrillo (San Vicente) y San Andrés (La Libertad).

LOCALIZACION DEL CULTIVO		PUNTOS MUESTREADOS, 4 m <sup>2</sup> c/u					$\bar{X}$
		I	II	III	IV	$\Sigma$	
<u>Santa Cruz Porrillo</u>							
Los Naranjos	Sana	87	91	96	84	358	89.5
	Infectada	66	71	76	78	291	72.7
	$\Sigma$	153	162	172	162	649	
	$\bar{X}$	76.5	81.0	86.0	81.0		81.1
El Castaño	Sana	72	71	78	68	289	72.2
	Infectada	47	49	54	59	209	52.2
	$\Sigma$	119	120	132	127	498	
	$\bar{X}$	59.5	60.0	66.0	63.5		62.2
$\Sigma$	Sta. C. Porrillo	272	282	304	289	1147	
$\bar{X}$		68	70.5	76.0	72.2		71.7
$\Sigma$	Sana	159	162	174	152	647	
$\bar{X}$		79.5	81.0	87.0	76.0		80.9
$\Sigma$	Infectada	113	120	130	137	500	
$\bar{X}$		56.5	60.0	65.0	68.5		62.5
<u>San Andrés</u>							
Flor Amarilla	Sana	51	50	46	57	204	51
	Infectada	43	44	41	55	183	45.7
	$\Sigma$	94	94	87	112	387	
	$\bar{X}$	47.0	47.0	43.5	56.0		48.4
San Andrés 1	Sana	64	74	74	76	288	72
	Infectada	63	62	70	65	260	65
	$\Sigma$	127	136	144	141	548	
	$\bar{X}$	63.5	68.0	72.0	70.5		68.5
$\Sigma$	San Andrés	221	230	231	253	935	
$\bar{X}$		55.2	57.5	57.7	63.2		58.4
$\Sigma$	Sana	115	124	120	133	492	
$\bar{X}$		57.5	62.0	60.0	66.5		61.5
$\Sigma$	Infectada	106	106	111	120	443	
$\bar{X}$		53.0	53.0	55.5	60.0		55.4
$\Sigma$	Total	793	512	535	542	2082	
$\bar{X}$		61.6	64.0	66.9	67.7		65.1
$\Sigma$	Sana	274	286	294	285	1139	
$\bar{X}$		68.5	71.5	73.5	71.2		71.2
$\Sigma$	Infectada	219	226	241	257	943	
$\bar{X}$		54.7	56.5	60.2	64.2		58.9

Cuadro 4. Porcentajes de viabilidad de las semillas de panojas sanas e infectadas por *Sphacelotheca cruenta*. Sorgos cosechados en Santa Cruz Porrillo (San Vicente) y San Andrés (La Libertad).

LOCALIZACION DEL CULTIVO		PUNTOS MUESTREADOS, 4 m <sup>2</sup> c/u					
		I	II	III	IV	$\sum$	$\bar{X}$
<u>Santa Cruz Porrillo</u>							
Los Naranjos	Sana	86	87	85	87	345	86.2
	Infectada	72	74	76	76	298	74.5
	$\sum$	158	161	161	163	643	
	$\bar{X}$	79	80.5	80.5	81.5		80.4
El Castaño	Sana	81	84	70	86	321	80.2
	Infectada	80	74	80	82	316	79.0
	$\sum$	161	158	150	168	637	
	$\bar{X}$	80.5	79.0	75.0	84.0		79.6
$\sum$	Sta. Cruz Porrillo	319	319	311	331	1280	
$\bar{X}$		79.7	79.7	77.7	82.7		80.0
$\sum$	Sana	167	171	155	173	666	
$\bar{X}$		83.5	85.5	77.5	86.5		83.2
$\sum$	Infectada	152	148	156	158	614	
$\bar{X}$		76	74	78	79		76.7
<u>San Andrés</u>							
Flor Amarilla	Sana	77	80	78	79	314	78.5
	Infectada	37	86	92	87	352	88.0
	$\sum$	164	166	170	166	666	
	$\bar{X}$	82	83	85	83		83.2
San Andrés 1	Sana	88	83	82	87	340	85.0
	Infectada	87	80	81	86	334	83.5
	$\sum$	175	163	163	173	674	
	$\bar{X}$	87.5	81.5	81.5	86.5		84.2
$\sum$	San Andrés	339	329	333	339	1340	
$\bar{X}$		84.7	82.2	83.2	84.7		83.7
$\sum$	Sana	165	163	160	166	654	
$\bar{X}$		82.5	81.5	80.0	83.0		81.7
$\sum$	Infectada	174	166	173	173	686	
$\bar{X}$		87.0	83.0	86.5	86.5		85.7
$\sum$	Total	658	648	644	670	2620	
$\bar{X}$		82.2	81.0	80.5	83.7		81.9
$\sum$	Sana	332	334	315	339	1320	
$\bar{X}$		83.0	83.5	78.7	84.7		82.5
$\sum$	Infectada	326	314	329	331	1300	
$\bar{X}$		81.5	78.5	82.2	82.7		81.1

Cuadro 5. Porcentajes de germinación de la semilla de panojas sanas e infectadas por Sphacelotheca cruenta. Sorgos cosechados en Santa Cruz Porrillo (San Vicente) y San Andrés (La Libertad).

LOCALIZACION DEL CULTIVO		PUNTOS MUESTREADOS, 4 m <sup>2</sup> c/u					$\bar{X}$
		I	II	III	IV	$\Sigma$	
<u>Santa Cruz Porrillo</u>							
Los Naranjos	Sana	80	79	85	80	324	81
	Infectada	67	69	63	69	268	67
	$\Sigma$	147	148	148	149	592	
	$\bar{X}$	73.5	74	74	74.5	296	74
El Castaño	Sana	50	53	66	65	234	58.5
	Infectada	55	45	50	60	210	52.5
	$\Sigma$	105	98	116	125	444	
	$\bar{X}$	52.5	49.0	58.0	62.5	222	55.5
$\Sigma$	Sta. Cruz Porrillo	252	246	264	274	1036	
$\bar{X}$		63	61.5	66	68.5	259	64.7
$\Sigma$	Sana	130	132	151	145	558	
$\bar{X}$		65	66	75.5	72.5	279	69.7
$\Sigma$	Infectada	122	114	113	129	478	
$\bar{X}$		61.0	57.0	56.5	64.5	239	59.7
<u>San Andrés</u>							
Flor Amarilla	Sana	61	69	65	70	265	66.2
	Infectada	53	63	56	60	232	58.0
	$\Sigma$	114	132	121	130	497	
	$\bar{X}$	57.0	66.0	60.5	65	248.5	62.1
San Andrés 1	Sana	67	70	68	72	277	69.2
	Infectada	64	66	63	67	260	65
	$\Sigma$	131	136	131	139	537	
	$\bar{X}$	65.5	68.0	65.5	69.5	268.5	67.1
$\Sigma$	San Andrés	245	268	252	269	1034	
$\bar{X}$		61.2	67.0	63.0	67.2	258.5	64.6
$\Sigma$	Sana	128	139	133	142	542	
$\bar{X}$		64.0	69.5	66.5	71.0	271	67.5
$\Sigma$	Infectada	117	129	119	127	492	
$\bar{X}$		58.5	64.5	59.5	63.5	246	61.5
$\Sigma$	Total	497	514	516	543	2070	
$\bar{X}$		62.1	64.2	64.5	67.9	258.7	64.7
$\Sigma$	Sana	258	271	284	287	1100	
$\bar{X}$		64.5	67.5	71.0	71.7	275	68.7
$\Sigma$	Infectada	239	243	232	256	970	
$\bar{X}$		59.7	60.7	58.0	64.0	242.5	60.6

Cuadro 6. Porcentajes de pérdida en el rendimiento de la semilla de sorgo, en panojas infectadas por Sphacelotheca cruenta, y pérdida promedio en sanas más infectadas. Evaluación realizada en cultivos de Santa Cruz Porrillo (San Vicente) y San Andrés (La Libertad)

LOCALIZACION DEL CULTIVO.	P R O D U C C I O N (%)		P E R D I D A (%)	
	Panojas con 16.7% de Infec.	Promedio Sana + Infect.	Panojas con 16.7 de Infec.	Promedio Sana + Infect.
Santa Cruz Porrillo	65.3	82.6	34.7	17.4
	69.0	84.5	31.0	15.5
	69.2	84.6	30.8	15.4
	86.8	93.4	13.2	6.6
	75.9	87.9	24.1	12.1
	78.0	88.0	22.0	11.0
	79.2	89.6	20.8	10.4
	92.9	96.4	7.1	3.6
	$\sum$ $\bar{X}$	616.3 77.04	708.0 88.5	183.7 22.96
San Andrés	89.1	94.6	10.9	5.4
	84.3	92.2	15.7	7.8
	88.0	94.0	12.0	6.0
	96.5	98.2	3.5	1.8
	83.8	91.9	16.2	8.1
	98.4	99.2	1.6	0.8
	87.8	95.3	12.2	4.7
	94.6	97.3	5.4	2.7
	$\sum$ $\bar{X}$	722.5 90.3	762.7 95.3	77.5 9.7
$\sum$ $\bar{X}$ Total	1338.8 83.68	147.7 91.92	261.2 16.32	129.3 8.08
Quintales por manzana.	58.9	65.1	12.3	6.1

Cuadro 7. Porcentajes de panojas sanas comparado con porcentajes de panojas infectadas por Sphacelotheca sorghi. Evaluación realizada en cultivos de sorgo de San Andrés (La Libertad) y en Hacienda Canadá (Sonsonate).

LOCALIZACION DEL CULTIVO		PUNTOS MUESTREADOS, 4 m <sup>2</sup> c/u					
		I	II	III	IV	$\Sigma$	$\bar{X}$
<u>La Libertad</u>							
San Andrés 1	Sana	2	3	4	3	12	3
	Infectada	98	97	96	97	388	97
<u>Sonsonate</u>							
Hacienda 1	Sana	38	12	18	24	92	23.0
	Infectada	62	88	82	76	308	77.0
Canadá:	Sana	10	15	7	16	48	12.0
	Infectada	90	85	93	84	352	88.0
	$\Sigma$ Infectada	152	173	175	160	660	165.0
	$\bar{X}$ Infectada	76	86.5	87.5	80	330	82.5
$\Sigma$	Sana	50	30	29	43	152	38
$\bar{X}$	Sana	16.66	10	9.66	14.33	50.66	12.66
$\Sigma$	Infectada	250	270	271	257	1048	262
$\bar{X}$	Infectada	83.33	90	90.33	85.66	349.33	87.33

Cuadro 8. Porcentajes de semillas sanas e infectadas por *Sphacelotheca sorghi* en una panoja. Evaluación realizada en cultivos de sorgo de San Andrés (La Libertad) y Hacienda Canadá (Sonsonate).

LOCALIZACION DEL CULTIVO		PUNTOS MUESTREADOS, 4 m <sup>2</sup> c/u					
		I	II	III	IV	∑	$\bar{X}$
<u>La Libertad</u>							
San Andrés 1	Sana	86	89	91	88	354	88.5
	Infectada	14	11	9	12	46	11.5
<u>Sonsonate</u>							
Hacienda Canadá 1	Sana	90	86	90	89	355	88.75
	Infectada	10	14	10	11	45	11.25
2	Sana	88	86	90	89	353	88.25
	Infectada	12	14	10	11	47	11.75
	∑ Infectada	22	28	20	22	92	23.0
	$\bar{X}$ Infectada	11	14	10	11	46	11.5
	∑ Sana	264	261	271	266	1062	265.5
	$\bar{X}$ Sana	88.0	87.0	90.33	88.66	354	88.5
	∑ Infectada	36	39	29	34	138	34.5
	$\bar{X}$ Infectada	12	13	9.66	11.33	46	11.5

Cuadro 9. Rendimiento, en quintales por manzana (qq./mz.), de panojas de sorgo sanas y de panojas infectadas por Sphacelotheca sorghi y rendimiento promedio. Evaluación realizada en cultivos de San Andrés (La Libertad) y Hacienda Canadá (Sonsonate).

LOCALIZACION DEL CULTIVO		PUNTOS MUESTREADOS, 4 m <sup>2</sup> c/u					
		I	II	III	IV	$\sum$	$\bar{X}$
<u>La Libertad</u>							
San Andrés 1	Sana	74	78	77	75	304	76
	Infectada	73	76	76	74	299	74.75
	$\sum$	147	154	153	149	603	150.75
	$\bar{X}$	73.5	77.0	76.5	74.5	301.5	75.37
<u>Sonsonate</u>							
Hacienda Canadá 1	Sana	74	67	75	76	292	73
	Infect	69	58	65	64	256	64
	$\sum$	143	125	140	140	548	137
	$\bar{X}$	71.5	62.5	70	70	274	68.5
2	Sana	62	53	59	54	228	57
	Infectada	30	32	38	44	144	36
	$\sum$	92	85	97	98	372	93
	$\bar{X}$	46	42.5	48.5	49	186	46.5
$\sum$	Sonsonate	235	210	237	238	920	230
$\bar{X}$		58.75	52.5	59.25	59.5	230	57.5
$\sum$	Sana	136	120	134	130	520	130
$\bar{X}$		68	60	67	65	250	65.0
$\sum$	Infectada	99	90	103	108	400	100
$\bar{X}$		49.5	45.0	51.5	54.0	200	50.0
$\sum$	Total	382	364	390	387	1523	
$\bar{X}$		63.66	60.66	65.0	64.5	253.83	63.45
$\sum$	Sana	210	198	211	205	824	
$\bar{X}$		70.0	66.0	70.3	68.3	274.66	68.66
$\sum$	Infectada	172	166	179	182	699	
$\bar{X}$		57.3	55.3	59.6	60.6	233	58.25

Cuadro 10. Porcentajes de viabilidad de las semillas de panojas sanas e infectadas por *Sphacelotheca sorghi*. Sorgos cosechados en San Andrés (La Libertad) y Hacienda Canadá (Sonsonate).

LOCALIZACION DEL CULTIVO		PUNTOS MUESTREADOS, 4 m <sup>2</sup> c/u					$\bar{x}$
		I	II	III	IV	$\Sigma$	
<u>La Libertad</u>							
San Andrés 1	Sana	72	71	87	86	316	79
	Infectada	70	70	80	85	305	76.25
	$\Sigma$	142	141	167	171	621	155.25
	$\bar{x}$	71	70.5	83.5	85.3	310.5	77.6
<u>Sonsonate</u>							
Hacienda Canadá 1	Sana	97	98	92	92	379	94.75
	Infectada	92	90	82	90	354	88.50
	$\Sigma$	189	188	174	182	733	183.25
	$\bar{x}$	94.5	94	87	91	366.5	91.62
2	Sana	88	86	92	96	362	90.5
	Infectada	86	84	94	92	356	89.0
	$\Sigma$	174	170	186	188	718	179.5
	$\bar{x}$	87	85	93	94	359	89.75
$\Sigma$	Sonsonate	363	358	360	370	1451	362.75
$\bar{x}$		90.75	89.5	90	92.5	362.75	90.7
$\Sigma$	Sana	185.0	184.0	184.0	188.0	741.0	185.25
$\bar{x}$		92.5	92.0	92.0	94.0	370.5	92.62
$\Sigma$	Infectada	178	174	176	182	710	177.5
$\bar{x}$		89.0	87.0	88.0	91.0	355	88.75
$\Sigma$	Total	505	499	527	541	2072	
$\bar{x}$		84.16	83.16	87.83	90.16	345.3	86.33
$\Sigma$	Sana	257	255	271	274	1057	
$\bar{x}$		85.66	85.0	90.3	91.33	352.3	88.08
$\Sigma$	Infectada	248	244	256	267	1015	
$\bar{x}$		82.6	81.3	85.3	89	388.3	84.6

Cuadro 11. Porcentajes de germinación de la semilla de panojas sanas e infectadas por *Sphacelotheca sorghi*. Sorgos cosechados en San Andrés (La Libertad) y Hacienda Canadá (Sonsonate).

LOCALIZACION DEL CULTIVO		PUNTOS MUESTREADOS, 4 m <sup>2</sup> c/u				$\sum$	$\bar{X}$
		I	II	III	IV		
La Libertad							
San Andrés 1	Sana	56	55	58	53	222	55.5
	Infectada	55	53	56	52	216	54.0
	$\sum$	111	108	114	105	438	109.5
	$\bar{X}$	55.5	54	57	52.5	219	54.75
Sonsonate							
Hacienda Canadá 1	Sana	72	76	72	64	284	71.0
	Infectada	54	59	67	65	245	61.25
	$\sum$	126	135	139	129	529	132.25
	$\bar{X}$	63.0	67.5	69.5	64.5	264.5	66.12
2	Sana	75	73	76	84	308	77.0
	Infectada	69	67	79	79	294	73.5
	$\sum$	144	140	155	163	602	150.5
	$\bar{X}$	72.0	70.0	77.5	81.5	301	75.25
$\sum$	Sonsonate	270	275	294	292	1131	
$\bar{X}$		67.5	68.75	73.5	73.0	565.5	67.19
$\sum$	Sana	147	149	148	148	592	148
$\bar{X}$		73.5	74.5	74.0	74.0	296	74
$\sum$	Infectada	123	126	146	144	539	134.75
$\bar{X}$		61.5	63	73	72	269.5	67.37
$\sum$	Total	381	383	408	397	1569	
$\bar{X}$		63.5	63.83	68.0	66.16	261.5	65.37
$\sum$	Sana	203	204	206	201	814	
$\bar{X}$		67.66	68.0	68.66	67	271.33	67.83
$\sum$	Infectada	178	179	202	196	755	
$\bar{X}$		59.3	59.6	67.3	65.3	251.6	62.9

Cuadro 12. Porcentajes de pérdida en el rendimiento de la semilla de sorgo, en panojas infectadas por *Sphacelotheca sorghi*, y pérdida promedio en sanas más infectadas. Evaluación realizada en cultivos de San Andrés (La Libertad) y Hacienda Canadá (Sonsonate).

LOCALIZACION DEL CULTIVO.	P R O D U C C I O N (%)		P E R D I D A (%)	
	Panojas con 11.5% de Infec.	Promedio Sana e Infect.	Panojas con 11.5% de Infec.	Promedio Sana e Infect.
<u>La Libertad</u>				
	98.6	99.3	1.4	0.7
	98.6	99.3	1.3	0.6
San Andrés	98.7	99.3	1.3	0.6
	97.4	98.7	2.6	1.3
$\sum$	393.3	396.6	6.6	3.2
$\bar{X}$	98.3	99.2	1.65	0.8
<u>Sonsonate</u>				
	48.4	74.2	51.6	25.8
	60.4	80.2	39.6	19.8
Hacienda Canadá	64.4	82.2	35.6	17.8
	81.5	90.7	18.5	9.2
	86.6	93.3	13.4	6.7
	84.2	92.1	15.8	7.9
	86.6	93.3	13.3	6.7
	93.2	96.6	6.8	3.4
$\sum$	605.3	702.6	194.6	97.3
$\bar{X}$	75.6	87.8	24.3	12.2
$\sum$ Total	998.6	1099.2	201.2	100.5
$\bar{X}$	83.2	91.6	16.8	8.4
Quintales por Mz.	58.2	63.4	10.4	5.2

Cuadro 13. Correlación del porcentaje de infección por Sphacelotheca cruenta, con el rendimiento y la calidad de la semilla. Análisis efectuado en muestras de sorgo de Santa Cruz Porrillo (San Vicente) y San Andrés (La Libertad).

LOCALIZACION DEL CULTIVO	SEMILLAS INFECTADAS %	RENDIMIENTO qq./mz.	VIABILIDAD %	GERMINACION %
Santa Cruz Porrillo, San Vicente	21	59.5	80.5	52.5
	20	60.0	79.0	49.0
	15	63.5	84.0	62.5
	16	66.0	75.0	58.0
	19	76.5	79.0	73.5
	18	81.0	80.5	74.0
	20	81.0	81.5	74.5
	16	86.0	80.5	74.0
Coeficiente de Correlación:		-0.1790404	-0.0561896	-0.230223
Tipo de Correlación:		Inver. Baja	Inver. Baja	Inv. Baja
San Andrés, La Libertad	20	43.5	85.0	60.5
	18	47.0	82.0	57.0
	19	47.0	83.0	66.0
	15	56.0	83.0	65.0
	10	63.5	87.5	65.5
	11	68.0	81.5	68.0
	16	70.5	86.5	69.5
	13	72.0	81.5	65.5
Coeficiente de Correlación:		-0.7466419	-0.075196	-0.5058323
Tipo de Correlación:		Inv. Media	Inv. Baja	Inv. Media

Cuadro 14. Correlación del porcentaje de infección por Sphacelotheca sorghi, con el rendimiento y la calidad de la semilla. Análisis efectuado en muestras de sorgo de San Andrés (La Libertad) y Hacienda Canadá (Sonsonate).

LOCALIZACION DEL CULTIVO.	SEMILLAS INFECTADAS %	RENDIMIENTO qq./mz.	VIABILIDAD %	GERMINACION %
San Andrés, La Libertad	14	73.5	71.0	55.5
	12	74.5	85.5	52.5
	9	76.5	83.5	57.0
	11	77.0	70.5	54.0
Coeficiente de Correlac.		-0.85353206	-0.4763895	-0.3721042
Tipo de Correlación		Inversa alta	Inversa media	Inversa baja
Hacienda Canadá, Sonsonate	14	42.5	85.0	70.0
	12	46.0	87.0	72.0
	10	48.5	93.0	77.5
	11	49.0	94	81.5
	14	62.5	94.0	67.5
	10	70.0	87.0	69.5
	11	70.0	91.0	64.5
	10	71.5	94.5	63.0
Coeficiente de Correlac.		-0.4083069	-0.2941296	-0.11135058
Tipo de Correlación		Inversa baja	Inversa baja	Inversa baja

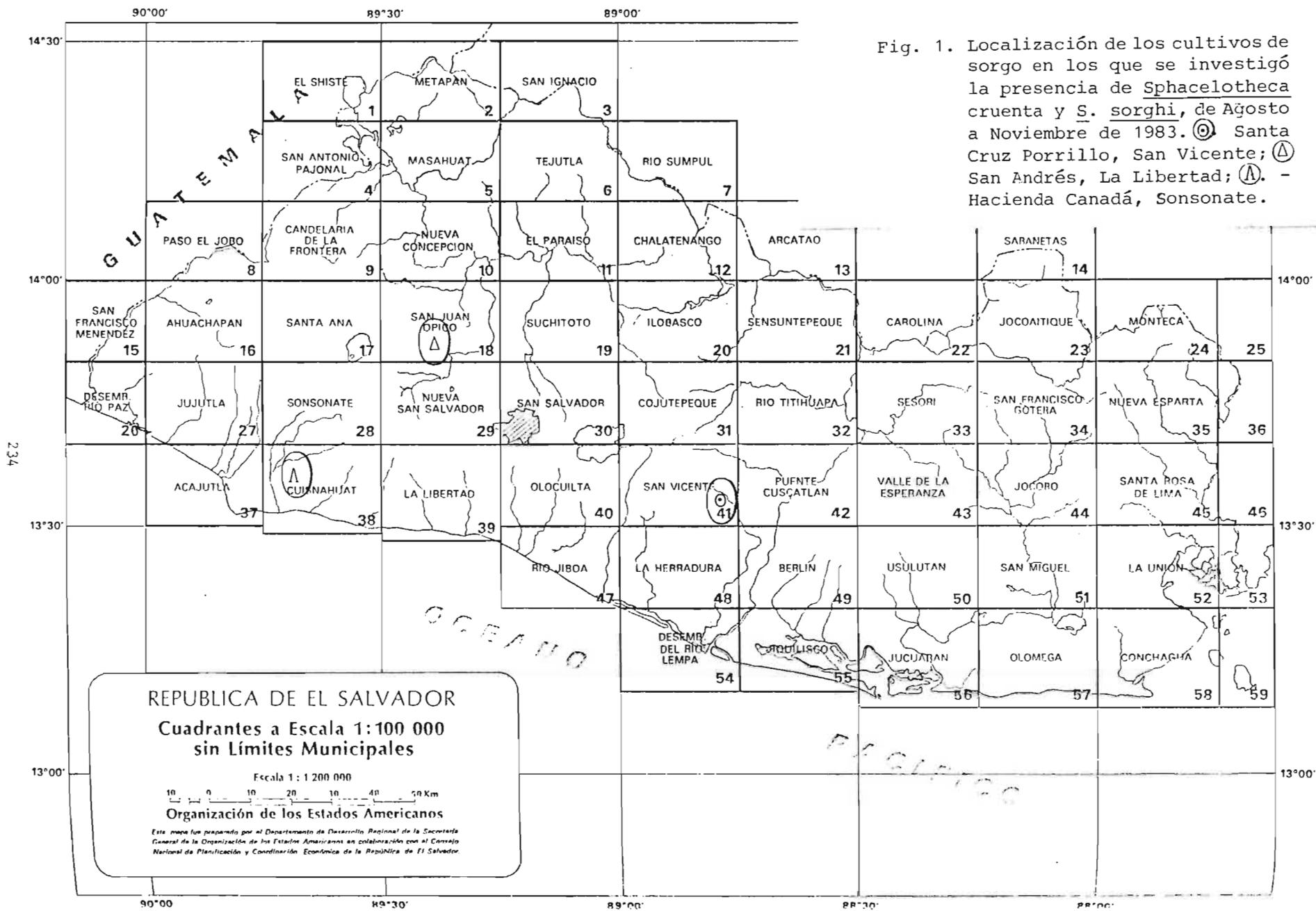


Fig. 1. Localización de los cultivos de sorgo en los que se investigó la presencia de *Sphacelotheca cruenta* y *S. sorghi*, de Agosto a Noviembre de 1983. ● Santa Cruz Porrillo, San Vicente; ▲ San Andrés, La Libertad; △ - Hacienda Canadá, Sonsonate.

Fig. 2. Diseño del muestreo para recolectar sorgo con hongos del género *Sphacelotheca*,  
1: Área de 540 m<sup>2</sup> dividida en 135 parcelas de 4 m<sup>2</sup> c/u. Cultivos con *S. cruenta*: 2, 3, 4, 5. Cultivos con *S. sorghi*: 6, 7, 8. Áreas oscuras, para recolección de panojas infestadas; áreas claras, para muestras sanas.

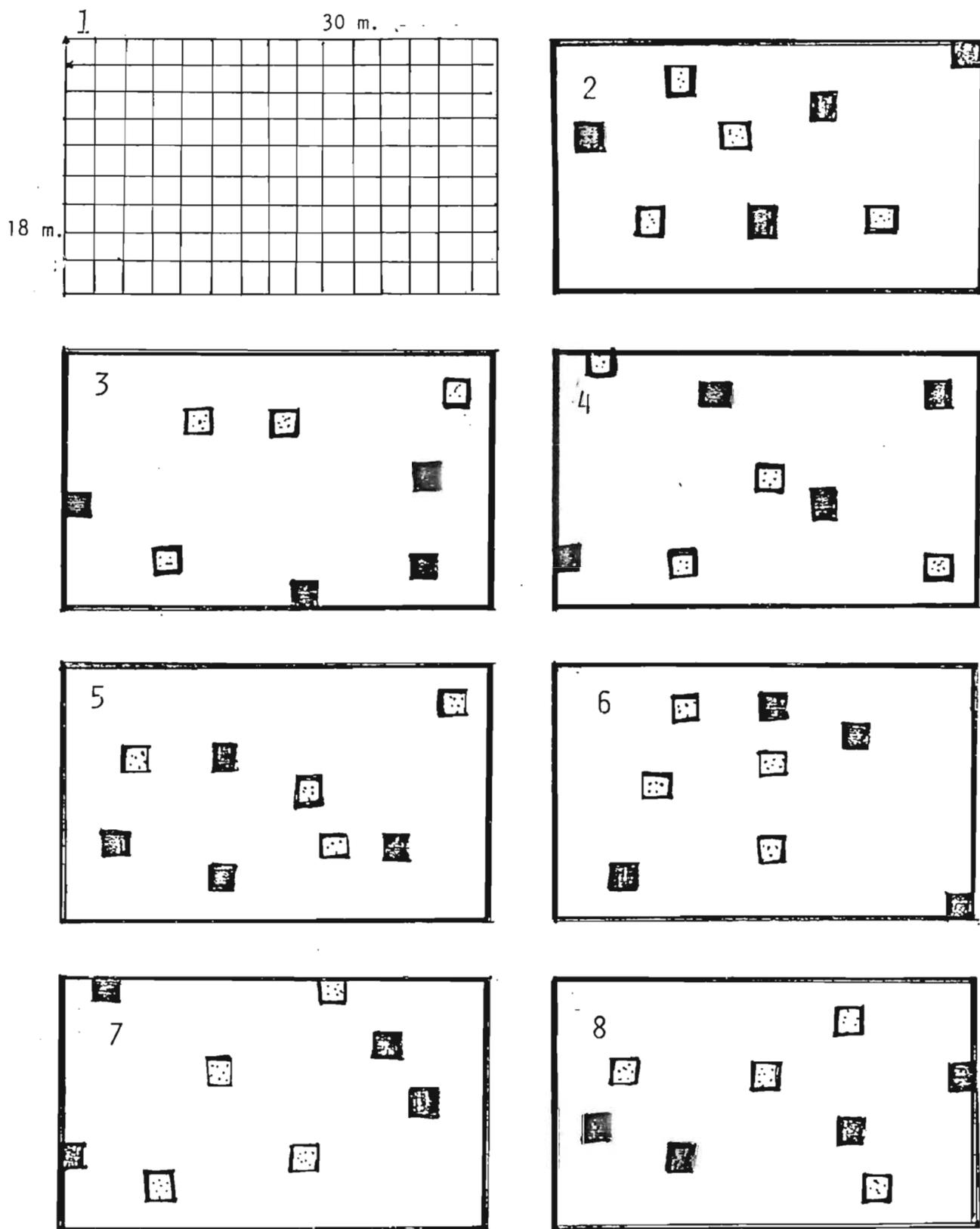




Fig. 3. Panoja de sorgo con infección total por Sphacelotheca cruenta. Muestra obtenida en cultivo de El Castaño, Santa Cruz Porrillo.

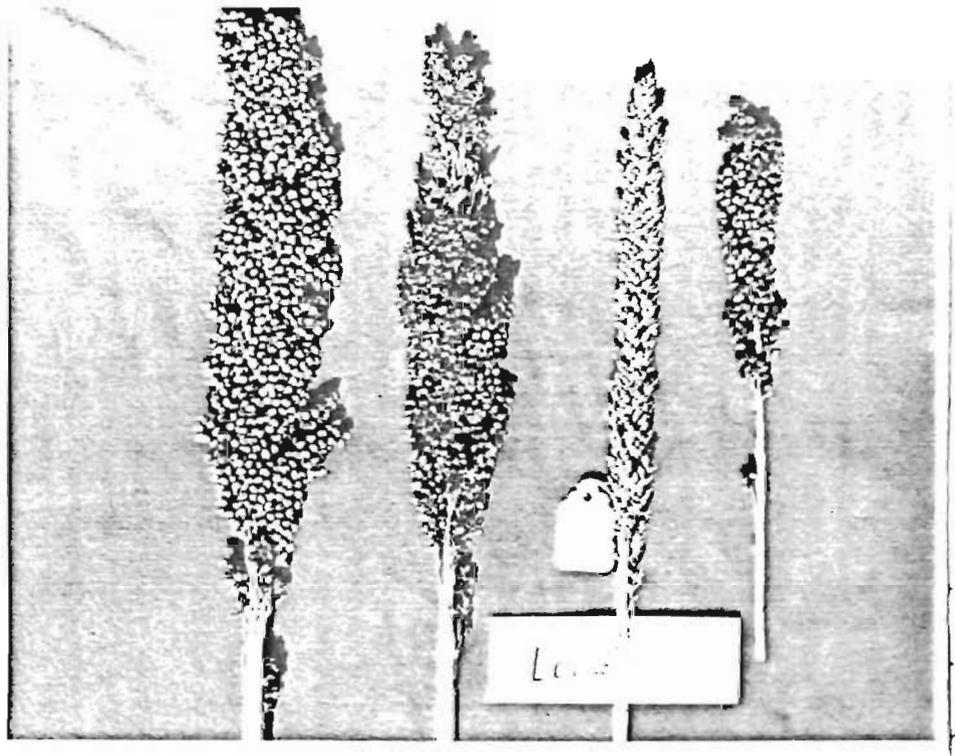


Fig. 4 Panojas de sorgo con diferentes grados de infección por *Sphacelotheca cruenta*. Muestras obtenidas en cultivos de Flor Amarilla, San Andrés.



**Fig. 5** Sección de una panoja de sorgo con infección total por Sphacelotheca sorghi. Muestra obtenida en cultivo de la Hacienda Canadá.

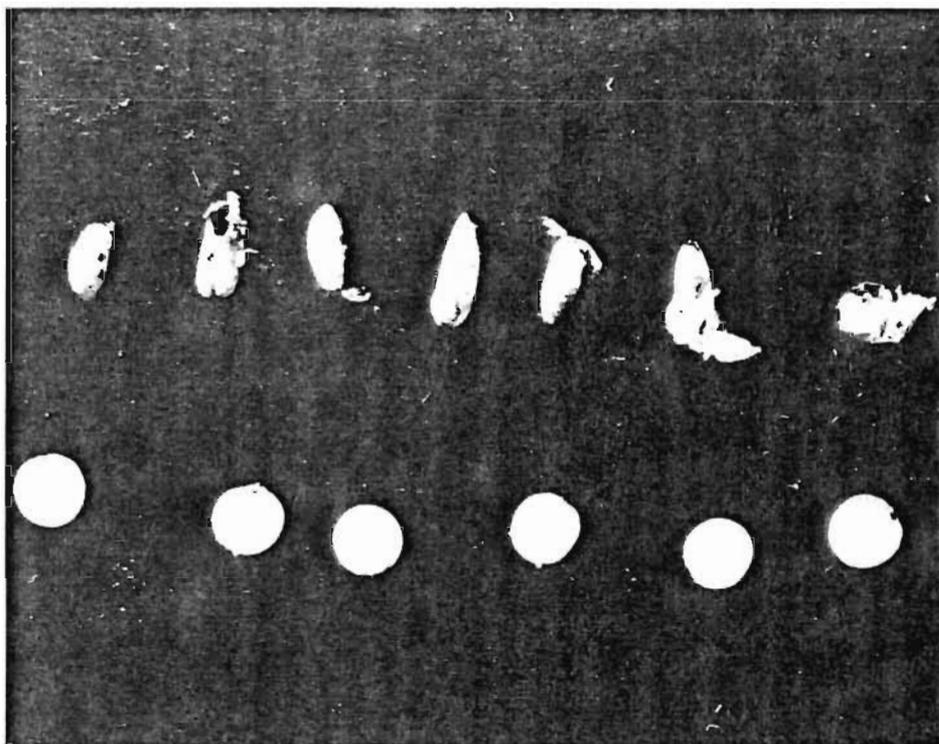


Fig. 6 Semillas sanas e infectadas de una panoja parcialmente invadida por Sphacelotheca sorghi. Muestra obtenida en cultivo de la Hacienda Canadá.

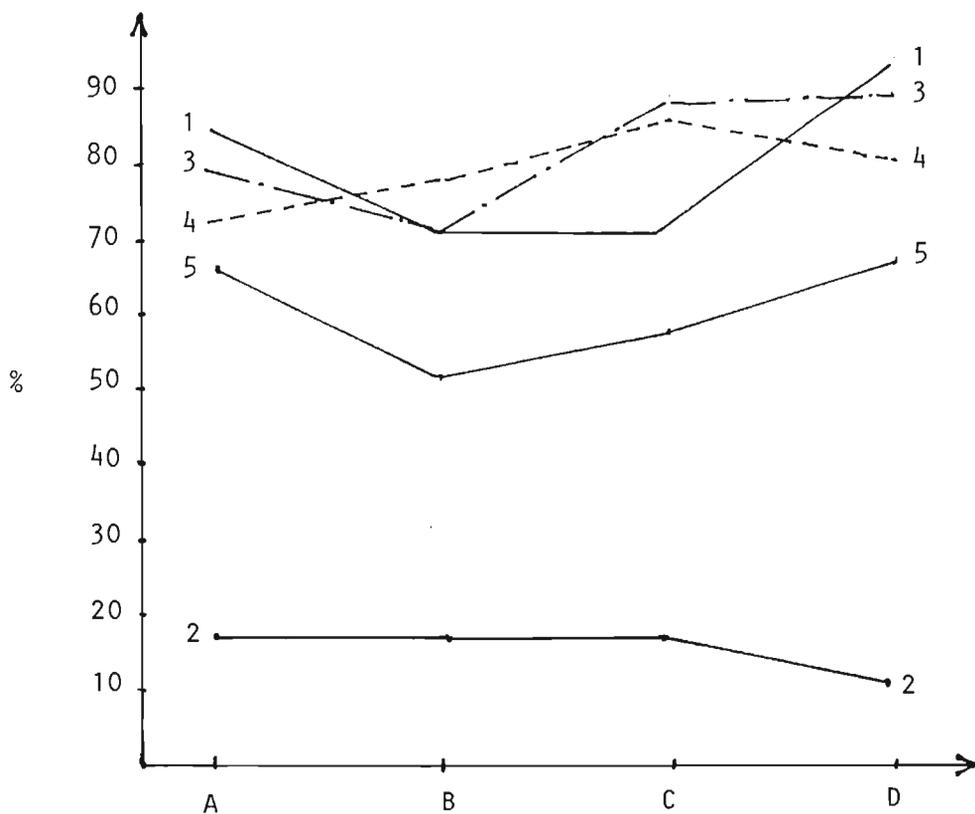


Fig. 7 Porcentajes de panojas (1), de semilla por panoja (2), de semilla producida (3), de viabilidad (4) y de germinación (5) en sorgo infectado por Sphacelotheca cruenta. Muestras obtenidas en cultivos de los Naranjos (A), El Castaño (B), Flor Amarilla (C) y San Andrés 1 (D).

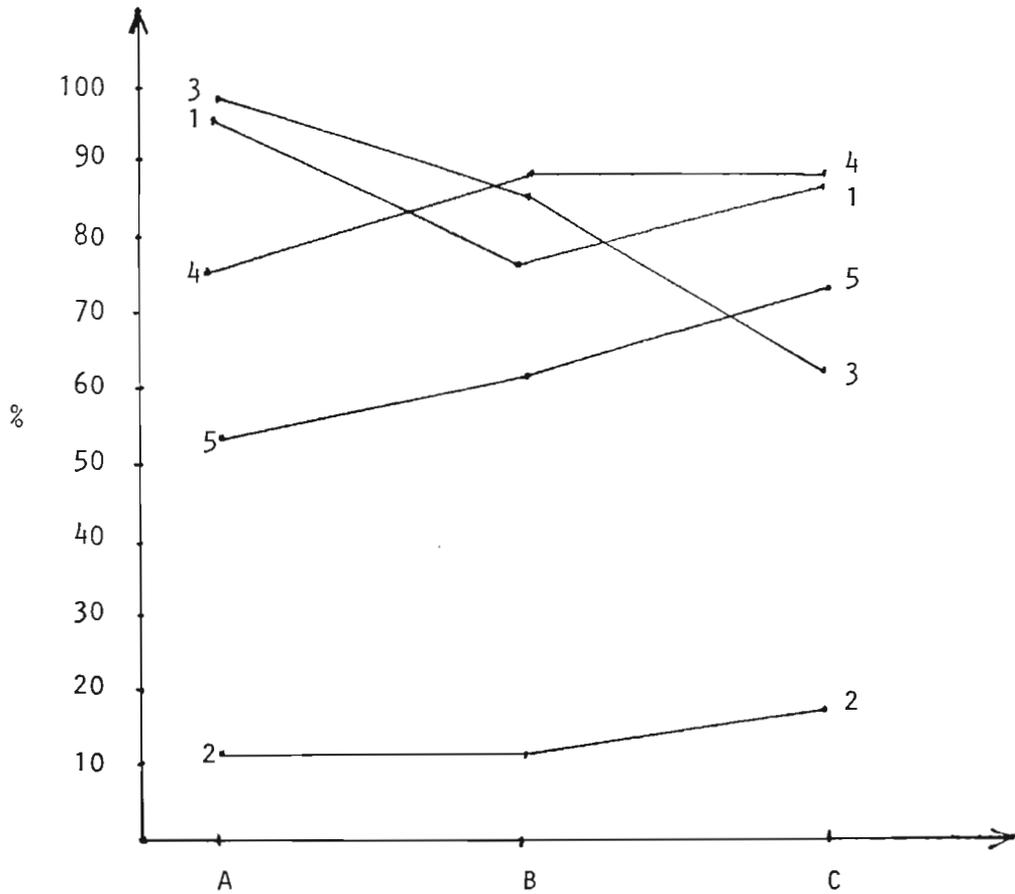


Fig. 8 Porcentajes de panojas (1) de semilla por panoja (2), de semilla producida (3), de viabilidad (4) y de germinación (5) de sorgo infectado por *Sphacelotheca sorghi*. Muestras obtenidas en San Andrés 1 (A) cultivo 1 (B) y cultivo 2 (C) de la Hacienda Canadá.

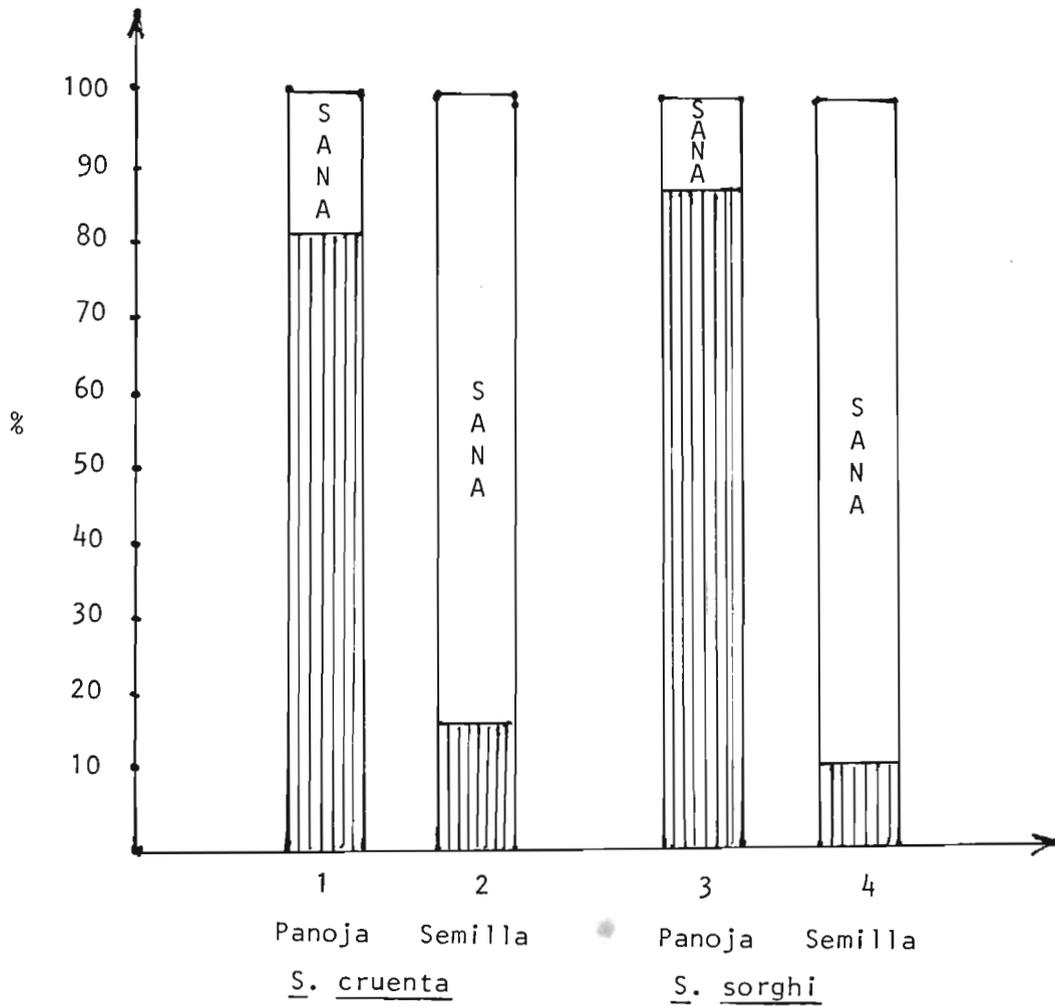


Fig. 9 Porcentajes de panojas y de semillas de sorgo, sanas (blanco) e infectadas (sombreado) por Sphacelotheca cruenta (1 y 2) y S. sorghi (3 y 4).

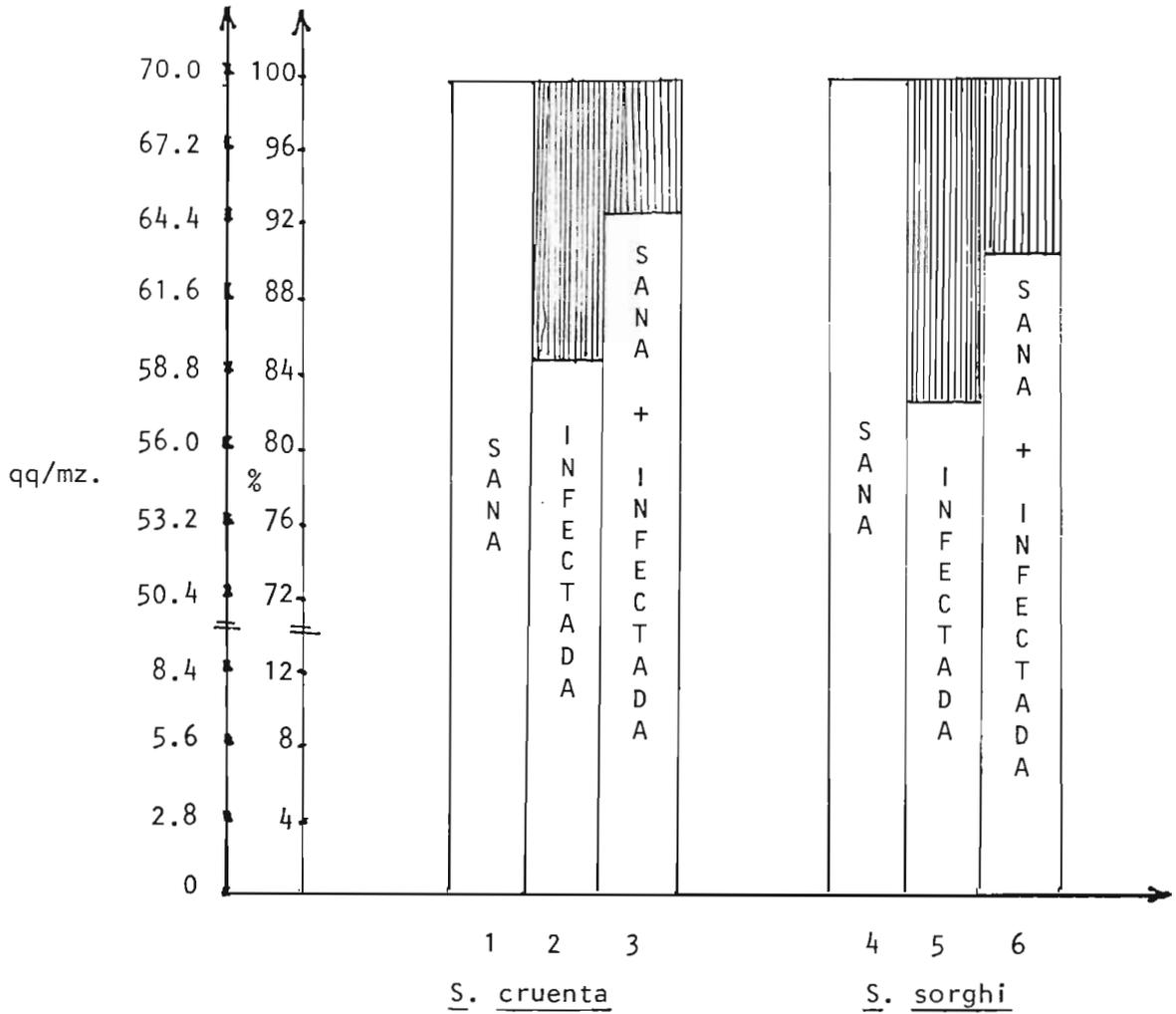


Fig. 10 Rendimiento (blanco) y pérdida (sombreado) en semilla de sorgo obtenida de panojas sanas e infectadas con Sphacelotheca cruenta y S. sorghi. Rendimiento de panojas sanas (1 y 4); rendimiento y pérdida de panojas infectadas (2 y 5); rendimiento y pérdida promedio (3 y 6).

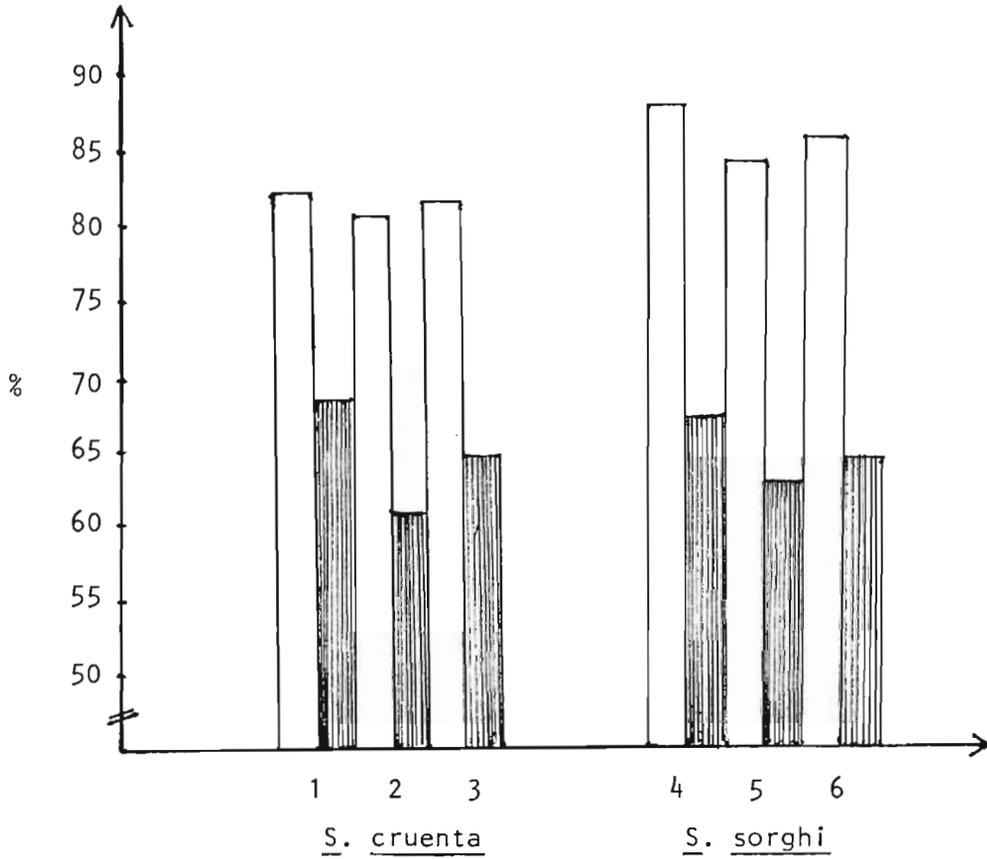


Fig. 11 Porcentajes de viabilidad (blanco) y de germinación (sombreado) de semillas de sorgo sana e infectada por Sphacelotheca cruenta y S. sorghi. Viabilidad y germinación de semilla de panojas sanas (1 y 4); de semilla de panojas infectadas (2 y 5); de semilla de panojas sanas e infectadas (3 y 6).

LITERATURA CITADA

- ACUÑA OVIES, H. E., S. RIVERA GARCIA & P. M. SABALLOS.  
1978. Plagas y enfermedades Reportadas hasta 1977. De  
partamento de Parasitología Vegetal, CENTA, San An---  
drés, El Salvador. 27 pp.
- ALEKSANDROV, I. N. 1980. Basidiomycetes parasitizing agri-  
culture crops in Mali. Review Applied Mycology 59  
(12): 558.
- ALEXOPOULOS, C. J. 1976. Introducción a la Micología, 2a.  
Edición, Editorial Universitaria de Buenos Aires.  
615 pp.
- BECKENDAM, J. & R. GROB. 1980. Evaluación de Plántulas. Ta  
lleres Gráficos Porrúa S. A., Madrid. 130 pp.
- BENITES ALVAREZ, J. F. 1985. Identificación de los princi-  
pales hongos que causan deterioro del grano de sorgo  
en el campo, en Los Cerritos, Chiquimulilla, Santa Ro  
sa. Universidad Rafael Landívar, Guatemala. Tesis de  
Técnico Fitotecnista con Especialidad en cultivos. 32 pp.
- BOHANNOV, R. A. 1974. Grain Sorghum Handbook. Cooperative  
Extension Service, Kansas State University. Agricultu  
re and Applied Science, Manhattan. 26 pp.
- BOVEY, R. 1971. La defensa de las Plantas Cultivadas. Edi-  
ciones Omega S. A., Barcelona 883 p.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA. 1980 a. Documentos Técnicos sobre Aspectos Agropecuarios. Manual Técnico N° 3. CENTA, San Andrés, El Salvador. 116 pp.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA. 1980 b. Guía Técnica Agropecuaria. CENTA, San Andrés, El Salvador. 140 pp.

DEAN, J. L. 1966. Local infection of Sorghum by the Johnson grass loose kernel smut fungus. *Phytopathology* 56: 1342.

DELOUCHE, J. C., T. W. STILL, M. RASPECT & M. LEANHAND. 1971. Prueba de viabilidad de la Semilla con Tetrazolium. A. I. D., México D. F. 71 pp.

DOGGETT, H. 1970. Sorghum. Longmans Green C°. , London. 403 pp.

ECHANDI, Z. R. 1982 a. Sanidad de Semillas. Curso de Entrenamiento para Calidad de Semillas, Universidad de Costa Rica. ISTA-CIGRAS, San José. 8 pp.

ECHANDI, Z. R. 1982 b. Certificación de Semillas. Curso de Entrenamiento para Calidad de Semillas, Universidad de Costa Rica. ISTA-CIGRAS, San José. 3 pp.

- ELLIS, M. A. 1978. Control de microorganismos portados en las semillas. In: A. H. Body & R. Echandi (eds), Seminario Internacional sobre Tecnología de Semillas para Centro América, Panamá y El Caribe. CIGRAS, San José. 384 pp.
- FREZZI, M. C., R. A. PARODI & J. L. SCATAMBURLO. 1970. Fallas de Germinación en Sorgo y sus Causas: Nuevo Método de Análisis Rápido y efectivo para Determinar Cualidades Germinativas. Boletín Técnico N<sup>o</sup> 28, INTA, Manfredi (Córdoba), Argentina, 54 pp.
- FROWD, J. A. 1978. A world review of Sorghum smuts. In: R. J. Williams, R. A. Frederiksen y L. K. Mughogho (eds.), Sorghum Diseases a World Review. Proceeding of the International Workshop at ICRISAT, Hyberabad, India. 469 pp.
- FUENTES, J. S. & E. R. SALGUERO. 1984. Producción de Sorgo en Guatemala y el Programa de Sorgo del ICTA. CENTA-ICRISAT, San Salvador. 48 pp.
- GARCIA ALVAREZ, M. 1971. Patología Vegetal Práctica. Editorial Limusa, México D. F. 156 pp.
- GORTER, G. G. M. A. 1961. Pathogenic races of Sphacelotheca sorghi (Link) Clint. occurring in South Africa. Review of Applied Mycology 41: 31.

- HARRIS, P. M., B. JOHNSON, J. R. DOBSON & LL. FARRAR. 1958.  
Sorghum in Georgia. Mimeo Series N. S. 50 Station  
University, College of Agriculture, Georgia. 9 pp.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. ISTA 1976. Reglas  
Internacionales para Ensayos de Semillas, Madrid.  
184 pp.
- ISENBECK, K. 1935. Investigation on the physiology of  
Sphacelotheca sorghi, the covered grain smut of Sorghum.  
Review of Applied Mycology 14: 439.
- KING, S. B. 1972. Sorghum diseases and their control. In:  
R. J. Williams, R. A. Frederiksen y L. K. Mughogho  
(eds.), Sorghum Diseases, a World Review. Proceeding  
of the International Workshop at ICRISAT, Hyderebad,  
India. 469 pp.
- KIRBY, A. H. 1926. Control of plant pests and diseases.  
Review of Applied Mycology 20: 22.
- KULKARNI, G. S. 1923. Conditions influencing the distribu-  
tion of grain smut (Sphacelotheca sorghi) of Jowar  
sorghum in India. Review of Applied Mycology 12: 13.
- LEWIS, P. D. 1951. Diseases attacking the head. In: Sorghum  
Diseases. Farmer Bulletin 1959. U. S. Department of  
Agriculture, Washington D. C. 50 pp.

- LEWIS, R. D. 1958. Grain Sorghum Production in Texas.  
Bulletin 912. Texas Agriculture Experiment Station,  
Texas A. & M. University System, Texas. 35 pp.
- MARCY, D. E. 1937. Inheritance of resistance to the loose  
and covered kernel smuts of Sorghum' Review of Applied  
Mycology 16: 666-667.
- MELCHERS, L. E. 1925. Sorghum Diseases in copper carbonate  
treatment successful against covered kernel smut. The  
Plant Diseases 9 (9): 109-110.
- MELCHERS, L. E. 1926. Kansas report on Sorghum diseases.  
Report 10 (9): 117.
- MELCHERS, L. E. & E. D. HANSING. 1943. The affect of kernel  
smuts on the host. Review of Applied Mycology 21: 10.
- ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y  
LA ALIMENTACION. F.A.O. 1985. Procesamiento de la semilla de  
cereales y Leguminosas de Grano. Roma, Italia. 173 pp.
- OSTLE, B. 1979. Estadística Aplicada. Edit. Limusa, México  
D. F. 629 pp.
- PARODI, R. H., M. J. FREZZI & J. L. SCANTAMBURLO. 1971.  
Causas Determinantes de Mermas en la Producción de  
Sorgo Granífero. Instituto Nacional de Tecnología  
Agropecuaria (INTA), Manfredi (Córdoba), Argentina, 8 pp.

- REED, G. M. & L. E. MELCHERS. 1926. Sorghum smuts and varietal resistance in sorghums. Review of Applied Mycology 5: 88.
- RENFRO, B. L. 1985. Enfermedades Transmitidas en la semilla. Curso Avanzado sobre Calidad y Control de Enfermedades Transmitidas por la Semilla. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 12 pp.
- REYES, R. 1984. El programa de agronomía del sorgo del CENTA. In: R. Reyes, R. Sánchez Orellana & F. A. tario (eds.), Memoria de la III Reunión Anual de la Comisión Latinoamericana de Investigadores en sorgo (CLAIS). CENTA-ICRISAT, San Salvador.
- SELVARAJ, J. C. 1978. Sorghum smut research and control in Nigeria. In: R. J. Williams, R. A. Frederiksen y L. K. Mughogho (eds.), Sorghum Diseases, a World Review Proceeding of the International Workshop at ICRISAT, Hyderebad, India. 469 pp.
- SHAO, S. P. 1960. Estadística para Economistas y Administradores de Empresas. Edit. Herrero Hermanos Sucs. S. A., México D. F. 786 pp.
- SHARMA, H. C., K. K. PURANIK, M. R. JADHA V. & N. K. JAIN. 1980. Sorghum diseases in Madhya Pradesh. Review or Applied Mycology 59 (7): 321.

SERVICIO NETEOROLOGICA NACIONAL. 1983. Almanaque Salvadoreño. División de Meteorología e Hidrología, Recursos Naturales Renovables, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Soyapango, El Salvador. 96 pp.

SUNDARAM, N. V. 1978. Importance of sorghum smuts in African Countries In: R. J. Williams, R. A. Frederiksen y L. K. Mughogho (eds.), *Sorghum Diseases, a World Review*. Proceeding of the International Workshop at ICRISAT, Hyderebad, India. 469 pp.

TISDALE, W. H., L. E. MELCHERS & H. J. CREMMERS. 1927. Strains of kermel smuts of Sorghum, Sphacelotheca sorghi and Sphacelotheca cruenta. Review of Applied Mycology 6: 664-665.

WALL, J. S. & W. M. ROSS. 1975. Producción y Usos del Sorgo A. I. D., México D. F. 399 pp.

WEBER, G. F. 1973. Bacterial and Fungal Diseases of Plants in the Tropics. University of Florida Press, Gainsville. 673 pp.

WELLMAN, F. L. 1972. Tropical American Plant Diseases. The Scarecrow Press Inc., Metuchen, New Jersey. 989 pp.

WILLIAMS, R. J., R. A. FREDERIKSEN & J. C. GIRAR. 1978.

Pearl Millet Diseases Identification Handbook. Infor-

mation Bulletin N<sup>o</sup> 2. ICRISAT, Hyderabad, India. 88 pp.

YAMANE, T. 1974. Estadística 3a. Ed. Edit. Harla S. A.,  
Harper & Row Latino-América, México D. F. 281 pp.