

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE SOCIOECONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN AGROPECUARIA



Identificación e Incidencia de la Micobiota Portada en Semillas de Sorgo (*Sorghum bicolor* L.) de Tres Ambientes Diferentes

Por:

HORTENSIA DANIELA GUTIERREZ ONTIVEROS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ADMINISTRADOR

Saltillo, Coahuila, México

Mayo, 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE SOCIOECONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN

Identificación e Incidencia de la Micobiota Portada en Semillas de Sorgo (*Sorghum
bicolor* L.) de Tres Ambientes Diferentes

Por:

HORTENSIA DANIELA GUTIERREZ ONTIVEROS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ADMINISTRADOR

Aprobada por el comité de asesoría:


Dr. Epifanio Castro del Ángel

Asesor principal


Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda

Coasesor


Dr. Antonio Flores Naveda

Coasesor


Lic. Norma Eugenia Sánchez García

Coordinadora de la División de Ciencias Socioeconómicas



Saltillo, Coahuila, México

Mayo, 2025

Derechos de Autor y Declaración de no plagio

Todo material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos, y pertenece al autor principal quien es el responsable directo y jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. Así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización, medio público o privado.

Autor principal



Hortensia Daniela Gutiérrez Ontiveros

Firma y Nombre

Asesor Principal



Dr. Epifanio Castro del Ángel

Firma y Nombre

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme brindado la fortuna de llegar a este punto de mí vida con éxito, por acompañarme en todo momento, así como haberme brindado una familia que me apoya y alienta a seguir adelante.

A mi Alma Terra Mater, por brindarme todos los conocimientos necesarios para poder ejercer una carrera tan noble como la agronomía, me siento afortunada de haber pertenecido a esta institución, que como estudiantes foráneos nos abre las puertas y nos brinda su apoyo para cumplir nuestros sueños.

A mi asesor principal, Dr. Epifanio Castro del Ángel, por el apoyo en el proceso de esta tesis desde el inicio y hasta la culminación, por la paciencia y dedicación brindada.

A mis coasesores, Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda y Dr. Antonio Flores Naveda, por el apoyo brindado en la culminación de mí tesis, así como su atención durante el proceso de la misma.

A mis padres, Beatriz Ontiveros Cortes y Enrique Rojas Aguilar, por haberme guiado en ese gran camino llamado vida, por las palabras de aliento en cada uno de mis sueños y proyectos, por su apoyo, por su amor y comprensión.

A mis abuelos, Hortensia Cortes Galindo y Guillermo Ontiveros Morales, por convertirse en el ancla de mi vida, en mis grandes amores, por enseñarme y educarme para llegar a ser la persona que soy hoy en día.

A la M.C. Analí Ontiveros Cortes, por su apoyo brindado en cada paso de mi vida, por sus palabras de motivación a seguir adelante a pesar de las dificultades y por la inspiración que me brinda como persona.

A mis tíos Dominga Ontiveros y Humberto Romero, por su valioso apoyo en el término de la carrera, muchas gracias y Dios los bendiga.

A mi familia Ontiveros y más, Gracias a todos mis tíos, tías, primos, primas, por haber formado parte de mi vida, por haber compartido conmigo cada etapa de mí crecimiento en las buenas y en las malas, en no dejarme sola, apoyarme y animarme para no ceder y conseguir mis metas, espero también devolverles su cariño y que ellos tampoco cedan y sigan cumpliendo sus metas, y arriba los Ontiveros. “La familia es poder”.

A mis hermanos, Ing. David Salvador, José Manuel, Héctor Alonso, por su cariño que tal vez no muy activo pero presente siempre, gracias por ser mis cómplices y apoyarme cuando ha hecho falta los quiero mucho, aunque no lo exprese.

A mi hermanito, Neymar Rojas Ontiveros, por la calidez que me ofreces al ser mí hermano menor y a inspirarme en ser mejor como persona para poder guiarte y apoyarte como tu hermana mayor, persiste y venceremos.

A Mónica Muñiz, por haberme abierto las puertas de su casa y de su corazón, por alentarme en mis malos momentos y enseñarme a valorarme más por todo lo que he logrado, gracias por su cariño, comprensión y regaños cuando han hecho falta y sobre todo por su confianza.

Al Ing. Jorge Corrales Flores, por haberme dado la oportunidad de ampliar mis conocimientos en un área desconocida para mí, por la confianza para afianzar esos conocimientos, de igual forma mí crecimiento y seguridad como persona, a nivel personal y profesional.

A mis profesores de secundaria, Profa. Carmen Gálvez y el Prof. Luis Bravo, por su apoyo en mi estancia en la institución, por las experiencias vividas, que me ayudaron a crecer aún más como persona, así como su ánimo para que yo siguiera estudiando y progresar a un más.

A mis profesores de la preparatoria, Profa. Ma. Esther Mejía Vázquez, Prof. Juan Carlos González Hernández, Prof. José Luis Ramírez Salmerón y Prof. José Luis Ramírez Vázquez, por la inspiración y aliento que crearon en mí para seguir con mis estudios, además de todos los momentos compartidos, tanto

divertidos como estresantes en mi estancia en la preparatoria gracias por haberme impulsado a seguir adelante.

A mis mejores amigas, Lic. Sarahi Aguilar Moreno y Lic. Claudia Kiyomi García Buendía, por su gran amistad que ha perdurado a través de los años y que sin importar la distancia sé que cuento con cada una de ustedes para cualquier situación, así como ellas conmigo, gracias por seguir presentes y por habernos acompañado en esta última etapa académica, por seguir nuestros sueños aunque separadas, pero con éxito lo conseguimos, siempre hay que mirar el futuro y seguir adelante cumpliendo sueños y metas.

A mis queridas amigas, Ing. Ximena Mata e Ing. Elbia Cano, por haberse convertido en mi apoyo en estos últimos años, por los momentos memorables (conciertos, viajes, pláticas, salidas, etc.), por sus palabras reconfortantes y por estar a mi lado en este momento, gracias por su amistad.

A la Ing. Jennifer López Morales, por ser una amistad que sin importar tiempo y distancia podemos hablar cómodamente y con confianza, compartir sentimientos sin temor a ser juzgados, gracias y que sean muchos años más.

A la Ing. Jazmín Espino Reyes, por ser una excelente compañera de clases, gracias por guiarme con temas que no entendía, por tu paciencia, cariño y confianza al enseñarme, gracias por tu amistad durante nuestra estancia en la universidad.

A mis Roomies:

Ing. Lorena Bárcenas, por haber formado parte de mi vida y pretermírmeme compartir tus alegrías y tristezas, gracias por tu confianza.

Ing. Aleyda Aguilera Ramón, por la disponibilidad de escucharme y acompañarme siempre, no pierdas de vista tus sueños

Ing. Guadalupe Gutiérrez; Gracias por tu amistad y vivencias en estos años en la Universidad.

DEDICATORIAS

A mis padres:

Que me han formado como persona y profesionista a través de los años, a pesar del peso que les genero habernos mantenido a distancia para poder lograr mis sueños, me siguieron apoyando y espero que estén orgullos de mí como yo lo estoy de ustedes, que sin importar dificultades hemos sabido seguir adelante

A mis abuelos:

Que me educaron y guiaron a través de los años, por su aliento incondicional, y por el miedo causado al alejarme tanto de ellos, pero que sin importar que, siempre me tuvieron presente en sus pensamientos y es un orgullo para mí decirme su nieta.

A mi tía:

Analí Ontiveros Cortes, por convertirse en mi inspiración para luchar por conseguir lo que quiero aun si en el proceso tengo que sacrificar algo, me enseñó a obtener y defender lo que realmente quiero y no detenerme a pesar de los malos momentos.

A mí misma:

Porque de no haber tomado las decisiones que tome en el pasado, de no haber reaccionado de la forma que lo hice o de no haber enfrentado las cosas que me daban más miedo, no podría haber llegado a donde estoy, así que todo este éxito es para mí y por mí, para demostrarme que soy capaz de lograr lo que quiera si me lo propongo.

INDICE GENERAL DEL CONTENIDO

INDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general	3
1.2. Objetivos específicos	3
1.3. Hipótesis	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Sorgo.....	4
2.1.1 Clasificación taxonómica del sorgo.....	4
2.1.2. Importancia	4
2.1.3. Aspectos botánicos	5
2.1.4. Raíz	5
2.1.5. Tallo.....	5
2.1.6. Hojas	5
2.1.7. Inflorescencias	5
2.1.8. Requerimientos edafoclimáticos	6
2.1.9. Temperatura	6
2.1.10. Agua.....	6
2.2. Usos	6
2.3. Tipos de sorgo	8
2.3.1. Granífero	8
2.3.2. Forrajero.....	8
2.4. Problemas fitosanitarios	9
2.5. Detección de Fitopatógenos	10
2.5.1. Plantas diferenciales:	11
Métodos tradicionales:.....	12
2.5.2. Medios de cultivo	12

2.5.3. Aislamiento	12
2.5.4. Cámara húmeda	13
2.6. Enfermedades en el sorgo	13
2.6.1. Fúngicos.....	13
Ergot del sorgo (<i>Claviceps sorghi</i>)	13
Pudrición carbonosa del tallo (<i>Macrophomina phaseolina</i>)	14
2.6.2. Virus	15
Virus del mosaico de la caña de azúcar (<i>Surgarcane Mosaic virus</i> , SCMV) ..	15
Virus del mosaico enano del maíz (<i>Maize dwarf mosaic virus</i> , MDMV)	15
2.6.3. Bacterias	16
Estría roja del sorgo (<i>Robbsia andropogonis</i>)	16
2.6.4. Fitoplasmas.....	17
2.6.5. Nematodos.....	17
2.7. Regulación de la Semilla.....	18
2.7.1. Sanidad de las semillas.....	18
2.7.2. Calidad de las semillas	20
3. MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1. Materiales	22
3.1.1. Ubicación del experimento	22
3.1.2. Genotipos del cultivo	22
3.1.3. Reactivos	22
3.2. Métodos	22
3.2.1. Composición del medio de cultivo	22
3.2.2. Procedimiento del medio de cultivo	22
3.2.3. Lavado de semilla y desinfección superficial.....	23
3.2.4. Siembra de semillas	23
3.2.5. Diseño Experimental	23
3.3. Monitoreo de crecimiento.....	24
3.3.1. Incidencia de la micobiota	24
3.4. Identificación de la micobiota	24
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25

<i>Phytophthora</i> sp.....	25
<i>Rhizopus stolonifer</i>	25
<i>Alternaria alternata</i>	26
<i>Aspergillus niger</i>	27
<i>Cladosporium</i> sp	29
Incidencia de la micobiota portada en semillas de sorgo LES-267	30
Incidencia de la micobiota portada en semillas de sorgo LES-291	30
Incidencia de la micobiota portada en semillas de sorgo AN-40	31
Incidencia de la micobiota portada en semillas de sorgo VAN-18	32
5. CONCLUSIONES	34
6. LITERATURA CITADA	35

INDICE DE FIGURAS

Figura a. Morfología de <i>Rhizopus stolonifer</i> vista al microscopio compuesto: Rhizoide (izquierda); esporangióforos y esporangios (derecha).	26
Figura b. Vista al microscopio de <i>Alternaria alternata</i> mostrando las conidias y micelio.	27
Figura c. Cabezas conidiales de <i>Aspergillus niger</i> observadas al microscopio	28
Figura d. <i>Cladosporium</i> sp vista al microscopio compuesto	29
Fig.1. Incidencia de los géneros de hongos portados en semillas de sorgo LES-267.	30
Fig. 2. Incidencia de la micobiota portada en semillas de sorgo LES-291.	31
Fig.3. Incidencia de la micobiota portada en semillas de sorgo AN-40.	32
Fig.4. Incidencia de la micobiota portada en semillas de sorgo VAN-18.	33

RESUMEN

El sorgo es uno de los cultivos de mayor importancia ganadera como forraje, debido a su alta producción de biomasa lo que nos da mayor rendimiento del cultivo, además de su uso como alternativas alimenticias para personas que no pueden consumir el gluten, por su nula presencia de este. Además de ser uno de los cultivos que pueden llegar a competir con el maíz, siendo una alternativa de este, su alta adaptabilidad a distintos climas, lo convierten en un cultivo atractivo, para su producción. Lo que nos lleva a buscar alternativas para disminuir pérdidas por enfermedades o plagas, llegando así a el control de sanidad de las semillas, que involucran la calidad de esta, su resistencia a patógenos y su alta producción enfocada a sus objetivos. El *Fusarium* y *Aspergillus*, son los patógenos más recurrentes en este cultivo, por lo que se realizó un estudio en laboratorio para identificar la micobiota en semillas de sorgo de distintas regiones. Haciendo uso de 4 tipos de semillas provenientes de distintas demografías , se realizó previamente un lavado y desinfección de las semillas, para ser cultivadas en un medio cultivo verde de malaquita agar, con los debidos cuidados dentro de un laboratorio de fitopatología, se llevó el seguimiento de la presencia de patógenos en las semillas, una vez observados a simple vista la presencia de estos, se procedió a la toma de muestras para realizar la identificación de la micobiota existente en cada uno de los distintos tipos de semilla, para ser contabilizados los datos y obtener el porcentaje de su presencia. Al término del experimento, la identificación de la micobiota demostró la inexistencia del patógeno *Fusarium* en las semillas estudiadas, y mínima presencia de *Aspergillus*, sin embargo hubo mayor presencia de otros patógenos como lo son la *Phytophthora*, *Alternaria* y *Cladosporium*.

Palabras Clave: Micobiota, Patógenos, *Aspergillus*, Hongos, Enfermedades, Calidad.

1. INTRODUCCIÓN

El sorgo es una gramínea con una alta adaptabilidad a climas para su producción, lo que la hace considerarse como uno de los cultivos mundiales de seguridad alimentaria. Es el quinto cereal más importante del mundo en lo que respecta a la superficie cultivada y su producción según la FAO. México es el segundo productor de sorgo en el mundo (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022).

Los usos de este cultivo se ven reflejados en la alimentación ganadera, la aportación de altas cantidades de rastrojo, además de la alimentación humana, donde incurre en la producción de alimentos y bebidas (Procesos industriales). Es un cereal que carece de gluten, lo cual representa una elección más nutritiva para las personas celiacas, además de que es el cereal que proporciona mayor cantidad de proteína en comparación de otros cereales (Pérez *et al.*, 2010). En el ámbito ganadero el sorgo tiene un gran impacto por medio de su ingesta, lo cual provoca que su semilla se modifique a través del tiempo para obtener mejores rendimientos que beneficien a los ganaderos (Cuevas-Reyes *et al.*, 2020).

El maíz y el sorgo comparten propiedades similares, lo que propicia que el uso del sorgo pueda competir en la solvencia del consumo del maíz sustituyéndolo en distintos productos o procesos de producción de los mismos (El Productor Porcino, 2018).

Los humanos y las plantas /cultivos padecemos de enfermedades, donde el término de enfermedad se puede definir en referencia a las plantas como un proceso que altera el metabolismo de las mismas, provocando síntomas, que propician un rendimiento inferior al esperado en su producción y por tanto la demanda del cultivo se vea afectada, en ello recae la importancia de la detección de enfermedades en los cultivos/plantas y la aplicación de su manejo (Rivera, 2020).

El diagnóstico de las enfermedades es de suma importancia para los cultivos, ya que, al identificar el agente causal de la enfermedad, podemos determinar y aplicar el manejo de la misma de una manera eficaz, su identificación en una etapa

temprana nos puede ayudar a prevenir daños mayores al cultivo en cuestión y/o prevenir (Sánchez, 2018).

Las enfermedades en los cultivos tienen distintos agentes causales, como lo son, bacterias, insectos, hongos, virus; los cuales manifiestan distintos signos y síntomas en los cultivos, que provocan en mayor o menor medida daños, que repercuten en su rendimiento y demanda (Fernández-Herrera *et al.*, 2007).

En la actualidad, gracias a los tratados de libre comercio y a la globalización existe mayor intercambio de semillas alrededor de todo el mundo y con ello la falta de calidad fitosanitaria, lo que provoca que exista una alta probabilidad de que las semillas que se comercializan contengan patógenos, de aquí la importancia de los procesos fitosanitarios en las semillas, la prevención de enfermedades en los cultivos (Navarrete *et al.*, 2014).

1.1. Objetivo general

Detectar la incidencia de hongos portados en semillas de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) de tres ambientes de la república mexicana.

1.2. Objetivos específicos

1. Análisis y caracterización de los hongos contaminantes en semillas de sorgo (*Sorghum bicolor* L.).
2. Determinar la incidencia de los hongos portados en semillas de sorgo (*Sorghum bicolor* L.).

1.3. Hipótesis

Se espera encontrar al menos al género *Fusarium* y *Aspergillus* en un 40% de incidencia en semillas de sorgo (*Sorghum bicolor* L.).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Sorgo

El origen del sorgo se dio en la India, aproximadamente en los años 60 d.c (Origen del cultivo de sorgo, s/f), fue introducido como un cultivo doméstico en Europa, sin embargo, no se tiene conocimiento concreto sobre cuando se introdujo en América. En México es uno de los principales cultivos utilizados para el área forrajera (Barkin & Dewalt, 2013).

2.1.1 Clasificación taxonómica del sorgo

Según el United States Department of Agriculture (USDA), el sorgo presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida*

Subclase: *Commelinidae*

Orden: *Cyperales*

Familia: *Poaceae*

Género: *Sorghum*

Especie: *Sorghum*
bicolor (L.) Moench

2.1.2. Importancia

El sorgo es un cultivo de suma importancia como fuente de forraje anual, ya que produce una mayor biomasa, lo que proporciona un mayor rendimiento bajo condiciones de deficiencias hídricas o limitaciones edafoclimáticas, que incrementa la oferta de forraje, beneficiando la productividad ganadera, de forma complementaria o directa (Giorda, 2018).

México ocupó la cuarta posición a nivel mundial en la producción de sorgo en el año 2016, logrando satisfacer la demanda del mismo en un 60 %, por lo cual sólo se importó un 40 % (SAGARPA, 2017).

2.1.3. Aspectos botánicos

2.1.4. Raíz

Sus raíces son muy numerosas, extremadamente ramificadas, con una profundidad de 1 a 1.3 m, dentro de sus primeros 3 cm existe el 80% de raíces. A diferencia del maíz este tiene el doble de pelos absorbentes y las raíces de soporte puede dar crecimiento a primordios radicales que no son eficaces en la absorción de nutrientes y agua (Morataya, 2016).

2.1.5. Tallo

Este cultivo cuenta con un solo tallo, pero puede desarrollar otros (hijos), dependiendo de la variedad y el ambiente, se constituye de una serie de nudos y entre nudos, su longitud es de 0.5 a 4 m, mientras que su diámetro está en los 0.5 a 5 cm cerca de su base volviéndose más angosto en la parte superior. Los tallos tienen de 7 a 24 nudos y son erectos (Ballesteros, 2015).

Es consistente, a veces blando con nudos engrosados, que pueden generar macollos con una maduración tardía a comparación de el tallo principal, lo cual es variable debido a las condiciones hídricas, densidad y fertilidad (De León Martínez, 2012).

2.1.6. Hojas

Las hojas en estado maduro pueden llegar a una longitud de 30 a 135 cm y de ancho entre 1.5 cm, son alternas y lanceoladas con una superficie áspera y lisa. Según la variedad y la época en que crece, su número de hojas puede variar entre 7 a 24 hojas. Estas cuentan con una capa de cera que disminuye la evaporación al igual que sus tallos (Morataya, 2016).

2.1.7. Inflorescencias

Se compone de una panícula (inflorescencia que se compone de un racimo cuyos ejes laterales se ramifican de nuevo formando un racimo o espiga); con un raquis central, el cual puede estar completamente escondido dado por la densidad de sus

ramas o totalmente expuesto. El alargamiento de sus hojas es de suma importancia para su resistencia a las plagas y enfermedades. La panícula es corta o larga, suelta y abierta, compacta o semi compacta, llegando a medir de 4 a 25 cm de largo, 2 a 20 cm de ancho, cada racimo contiene de 400 a 800 granos dependiendo del tipo de panícula (Morataya, 2016).

2.1.8. Requerimientos edafoclimáticos

Su alta adaptabilidad a distintos escenarios extremos de sequía o humedad nos deja con dos factores de importancia para su crecimiento:

2.1.9. Temperatura

Para su germinación requiere de temperaturas de 12 a 13 °C, cuando esta aumenta a más de 15 °C da inicio su crecimiento, con una óptima de 32 °C, se dice que la disminución de temperatura durante la floración reduce el rendimiento del grano, así como el aumento de los mismos días después de la floración afecta el peso final del grano. (Pecina *et al.*, 2017)

Los 27 °C representan la temperatura ideal para su periodo reproductivo, mientras que a los 38 °C provoca el aborto de las flores lo que afecta su rendimiento. La temperatura mínima para el crecimiento del cultivo es de 21 °C mientras que 18°C es la óptima para su germinación (Pérez *et al.*, 2010).

2.1.10. Agua

A diferencia de otros cereales, este tiene una mayor tolerancia a la sequía y al exceso de humedad en el suelo. En la producción de grano requiere de un mínimo de 250 mm, para lograr buenos rendimientos los 350 mm son ideales, pero para lograr altas producciones oscila de 450 a 600 mm de agua, según las condiciones climáticas o ciclo híbrido (Luis *et al.*, 2013).

2.2. Usos

Es un cultivo granífero con alta adaptabilidad a distintos climas como lo son cálidos, áridos y semiáridos, además de desarrollar bien en suelos alcalinos, cultivo gracias

a su domesticación ha podido mejorarse para un mejor aprovechamiento de la planta en su totalidad , debido que antes de su domesticación este tenía un crecimiento alto , lo cual provocaba que se volcara y no se pudiera cosechar , e incluso tenía una maduración tardía , por lo que en el proceso de domesticación se tomaron en cuenta estos factores , actualmente gracias a este proceso , pudimos obtener nuevas variedades más precoces , con resistencia a enfermedades y más productivos , solidificando su posición como un cultivo de alta importancia (Cuevas-Reyes *et al.*, 2020)

Gracias a las nuevas variedades y características que le fueron proporcionadas, se empezaron a detectar los distintos usos y beneficios que este cultivo podría proporcionar como lo es en el ámbito ganadero, al ser una de las fuentes de alimentación ganadera, el aprovechamiento de toda la planta beneficia a los suelos es decir que al ser una planta con una alta producción de rastrojo ayuda a la cobertura de los suelos, mejorando condiciones físicas, químicas y biológicas del mismo. Las variedades más utilizadas son las de sudan (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022).

Su versatilidad no solo existe en el ámbito ganadero, también se encuentra en el área alimenticia para el consumo humano, los granos de sorgo utilizados para este cometido son Milo, Hegari, Feterita, Durra, Kafir, Shallu, Kaoliang y granos híbridos. (Treviño-Salinas *et al.*, 2020)

Debido a la búsqueda de fuentes combustibles orgánicos que ayuden a la disminución de la demanda de los combustibles fósiles, según (SAGARPA, 2019), se plantea el uso de sorgo dulce, en conjunto de caña de azúcar y la remolacha, para la producción de etanol dado su alto consumo.

Dado que no contiene gluten, se convierte en una alternativa para la producción de alimentos sin gluten, muy beneficioso para las personas alérgicas al gluten, además de ser rico en otros nutrientes como lo son las vitaminas B y E, es rico en minerales como el calcio, el fósforo, el zinc, la fibra insoluble y el hierro, previniendo la anemia,

los beneficios a nuestra salud intestinal se ve en sus propiedades antidiarreica, astringentes y homeostáticas (Sorgo, 2019).

Algunos de los productos derivados del sorgo son:

La harina, que es empleada para la elaboración de galletas, pasteles, panes dulces, entre otras.

Aceite: Es utilizado en la cocina, en la preparación de alimentos y ocasionalmente como remedio medicinal

Malta: En distintas partes del mundo es consumido como cerveza sin alcohol a base de sorgo mateado

Alcohol etílico: Es un psicoactivo en las bebidas alcohólicas, por lo cual es utilizado como disolvente, combustible y antiséptico (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022).

2.3. Tipos de sorgo

2.3.1. Granífero

Este tipo de sorgos son en su mayoría destinados al grano, debido a su alto índice de cosecha, además de que existen diferencias con respecto al sorgo forrajero como son sus tallos más gruesos, las hojas más anchas, un crecimiento de 1.90 m de altura, lo que beneficia su cosecha. Dentro de los mismos, existe la posibilidad de su uso en el picado o ensilaje, por lo que son conocidos como sorgos doble propósito (Pizzanelli, 2023)

Dependiendo de la calidad del grano y/o biomasa son utilizados en la agroindustria, alimentación humana y animal (Giorda, 2018).

2.3.2. Forrajero

Este tipo de sorgo es utilizado para la alimentación animal, sacando provecho ya sea de la planta entera, de la panoja o grano, en forma de pastoreo, diferida o reserva. Su uso puede ser de forma directa o de sustrato:

Sileros: Tiene una mayor productividad de materia seca por hectárea, aunado a tallos gruesos, hojas anchas y una altura igual o mayor a 2 m. (Cartes *et. al*, 2020)

Sudan: (“sudangrass”) *Sorghum bicolor* L.) Moench nothosubsp. *drummondii* (Steud.) de Wet ex Davidse (sinonimia: *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf). Es de tallos más finos, tiene una alta capacidad de rebrote, hojas más angostas y crecimiento más rápido después del pastoreo por lo cual es excelente para un pastoreo directo y heno.

Sorgo x Sudan (*Sorghum bicolor* L.) Moench) x *S. sudanense* (Piper) Stapf: Son híbridos de línea androestéril, con tallos finos o más grueso, dependiendo de la densidad de la siembra, el cual puede utilizarse como pastoreo directo después puede ser utilizado como heno debido a los tallos finos que facilitan el secado (Giorda, 2018).

2.4. Problemas fitosanitarios

Hoy en día el método de propagación de la mayoría de los cultivos se basa en las semillas, este método es de suma importancia tanto para el producto como para el consumidor, debido a que su consumo se ve correlacionado a su calidad genética fisiológica y sobre todo a su estado sanitario (Díaz-Téllez, 2020).

Existen numerosas enfermedades producidas por hongos, virus y bacterias que son transmitidas por las semillas, que pueden ser encontrados en la cubierta seminal o en el embrión de esta. En el primer caso simplemente se transporta el patógeno donde las bacterias penetran los tejidos de las semillas y permanecen en estado de reposo, sin embargo, en el segundo caso existe una verdadera transmisión; lo que implica una gran pérdida económica en la producción del cultivo, al no contar con el tratamiento pertinente para evitar la presencia de estos fitopatógenos (Ocampo, 2013).

En la mayoría de las ocasiones las bacterias relacionadas a las semillas no son detectables a simple vista, por lo cual cuando la movilización de las semillas a distintas regiones del país, sin que este cuente con las pruebas de sanidad

correspondientes, propicia el desarrollo de nuevas enfermedades; que pueden ser severas si los hospedantes son más susceptibles y las condiciones ambientales son favorables para su desarrollo (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales & Pecuarias, 2023).

2.5. Detección de Fitopatógenos

En el manejo de las enfermedades virales nos encontramos con el inconveniente de que no se han desarrollado métodos directos en el uso de viricidas para su control, por lo cual se implementan medidas indirectas para su control, como lo es la eliminación de plantas enfermas y/o evitar el uso de material (semillas) infectadas, para lo cual es necesario utilizar diferentes métodos para la detección de los mismos en el material implicado. (Alistac-Mora, 2019). Los métodos más utilizados para su detección son:

Por Sintomatología: A finales del siglo XIX fue la primera forma de detectar e identificar los virus, que se basa en los síntomas que producen los virus en las plantas, sin embargo, con el tiempo se identificó que distintas variaciones de los virus producen diferentes síntomas y que virus completamente diferentes podían ocasionar síntomas similares (Jordá, 2015).

Con este conocimiento se hizo muy evidente que era necesaria una amplia experiencia en campo para poder diferenciar la sintomatología de una enfermedad causada por un patógeno, aunado a una inspección de campo para la correcta identificación de la misma (González-Garza, 2017).

Mediante la técnica de transmisión mecánica (Sánchez *et al.*, 2021) fue posible identificar muchas de las enfermedades de los vegetales ocasionadas por los virus, en contraste se observó que muchas de las enfermedades mostraban síntomas similares a los inferidos por los virus, por lo que se identificó que estos no solo se propagaban de manera mecánica, pero se podía comprobar su transmisión por injerto o por vectores.

2.5.1. Plantas diferenciales:

La consolidación del uso de las plantas diferenciales se presentó cuando se demostró que distintas enfermedades provocadas por distintos agentes infecciosos presentaban la misma sintomatología, por lo cual, se estudió con mayor profundidad los síntomas que provocan cada patógeno, así como su medio de propagación, ya sea, por transmisión mecánica, vectores e injertos, (González & Humberto, 2019) ; su implementación en conjunto con la transmisión de insectos en el cultivo de papa, utilizada por Smith en 1931, dio a conocer que la sintomatología que presentaban era causada por la combinación de los virus Potato virus X (PVX) Y Potato virus Y (PVY).

Detección por serología: El comienzo de la serología se dio en 1928 con el descubrimiento de Beale, en el cual demostró que las plantas infectadas por el *Tobacco Mosaic virus (TMV)*, contienen un antígeno diferente al de las plantas sanas. Los primeros métodos serológicos utilizados para la detección de virus, fueron formando precipitados que eran de fácil observación, reaccionando los antisueros y los antígenos en medios líquidos (González-Garza, 2017).

Entre los años de 1960 y 1970 se implementó otro método que fue la doble fusión del agar que se realiza en portaobjetos o cajas Petri, el cual tiene como ventajas que, dado el diferente grado de difusión en gel de los antígenos y anticuerpos, estos se encuentran físicamente separados y por lo tanto se pueden cotejar distintos antígenos o anticuerpos en la misma placa o cubreobjetos. (Joo-jin, 2014)

El alto consumo de antisuero para la detección de estos supone una gran desventaja de los procedimientos.

En la actualidad se han desarrollado métodos muy sensibles que nos ayudan en la detección de bacterias en bajas concentraciones como son ELISA Y PCR. ELISA (Ensayo de Inmunoadsorción con Enzimas Conjugadas), (González-Garza, 2017), el antígeno en fase solida se puede detectar de forma directa o indirecta, mediante los anticuerpos, que en presencia de un determinado sustrato produce una reacción de color, que puede ser medida con un espectrómetro. Este procedimiento nos

permite detectar 10 bacterias por gramo de muestra, sin embargo, durante su preparación se deben de tomar distintas medidas ya que pueden presentarse reacciones con bacterias saprofitas y/o residuos vegetales, que provocan un falso positivo (de Ciencia y Tecnología, 2008).

PCR (Reacción en Cadena de Polimerasa), este análisis se realiza en base a una muestra de ADN, en la cual se encuentra la secuencia que se desea amplificar, este método requiere una muy pequeña parte de ADN, que significa una gran ventaja de este método al solo utilizar una mínima parte del material, esta muestra debe estar purificada para evitar que la misma sea inhibida por compuestos como el almidón, que proceden de la semilla y altere los resultados (Navarrete *et al.*, 2014).

Métodos tradicionales:

2.5.2. Medios de cultivo

Los medios de cultivo son parte fundamental para la identificación de microorganismo /patógenos en humanos y plantas, dado que son la base para la proliferación de los patógenos, proporcionando las condiciones bioquímicas y biofísicas adecuadas, sin embargo, se debe tener varios factores en cuenta para que sean efectivos. Dado que cada microorganismo tiene necesidades diferentes, se tiene que tomar en cuenta estas necesidades (El tipo y concentración de nutrientes), para seleccionar el medio de cultivo óptimo (Gómez y Batista, 2006; VIRESA, 2021).

2.5.3. Aislamiento

Hace enfoque en la obtención de material patógeno de un ambiente libre a uno completamente controlado, es decir dentro de un laboratorio, con el cometido de consolidar su crecimiento para una identificación más exacta (Contreras y Rangel, 2014).

El proceso se realiza según el material de estudio con el que se cuente (material vegetativo ya infectado, semillas, tubérculos o bulbos), por lo cual, la forma de estudio dependerá del mismo.

Para verificar la viabilidad de una semilla en cuanto su pureza, lo más recomendable es inducir a la germinación dentro del ambiente controlado, para la visualización de los patógenos latentes, esto se verá reflejado alrededor de las semillas y serán identificados por medio de las estructuras que presenten (Chablé, 2019).

2.5.4. Cámara húmeda

Este método tiene como enfoque el control de la temperatura y humedad para inducir la germinación, con lo cual se manifiesten los signos de los patógenos presentes para su identificación.

El uso de cajas Petri es muy común, las cuales deben de estar previamente desinfectadas, se coloca papel absorbente húmedo y una malla plástica que evite el contacto directo del papel absorbente y las muestras, sellándose con plástico para mantener un ambiente húmedo y sin oxígeno, se dejarán a temperatura ambiente (24°C), durante 5 días, siendo monitoreados en la aparición de patógenos para su posterior estudio (Muñoz *et al.*, 2020).

2.6. Enfermedades en el sorgo

2.6.1. Fúngicos

Ergot del sorgo (*Claviceps sorghi*)

Esta enfermedad es causada por el hongo *Sphacelia sorghi*, que es el estado asexual de *Claviceps sorghi*, lo que ocasiona daño al ovario de las flores deteniendo el desarrollo y formación del grano (Velazquez-Formento, 2015).

La exudación azucarada es uno de los síntomas externos visibles, da inicio a la infección por medio de los conidios que se encuentran en el estigma receptivo de la flor, dando como resultado de 1-4 tubos germinales que penetran el estilo y llegan al ovario, que es llenado con hifas del hongo, penetrando así los tejidos del ovulo, solo los ovarios de flores que no han sido polinizados y fertilizados son atacados por *Sphacelia sorghi* (Cisneros-Mendoza, 2010).

Dentro del exudado azucarado son liberadas millones de conidias, las cuales se dispersan por medio del viento, agua e insectos, que nos da varios ciclos de la infección en una misma estación (Debra *et al.*, 2022).

El “ergotismo”, no representa un peligro en lo que respecta su uso como fuente de alimentación animal debido a que carece de esclerocios verdaderos en forma de “cornezuelos”, disminuyendo así el peligro de toxicidad para los animales (Velázquez *et al.*, 2014).

Pudrición del tallo de sorgo (*Fusarium graminearum*)

Esta afección tiene como agente causal a *Fusarium graminearum* que es un hongo anamorfo. Se puede detectar la infección por medio de la pudrición de raíz y/o tallo, que viene acompañada de un marchitamiento de las hojas, así como un debilitamiento en general de la planta. Cuando las plantas se encuentran sanas presentan un color amarilleado, verde o morado en la base de su tallo, en contraste cuando se encuentra infectado presenta un color pardo o pajizo (Valenzuela, 2009).

Las plantas con un mínimo toque del dedo pulgar e índice se puede romper el tallo, debido a que los tejidos internos de la medula (tallo) se desintegran, dejando los haces vasculares intactos pero sueltos (FAUBA, 2024).

Pudrición carbonosa del tallo (*Macrophomina phaseolina*)

Es un hongo cosmopolita que tiene origen en el suelo o la semilla, produce una coloración oscura en tejido infectado debido a las estructuras diminutas y redondas conocidas como micro esclerocios, lo cual da pie a su supervivencia por un largo periodo en el suelo o en el tejido infectado a medida que este se descompone (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, SENASICA, 2023). Las colonias del mismo presentan un micelio de color café heterogéneo que en su envejecimiento se torna de color negro.

La incidencia del hongo es de mayor magnitud debido a largos periodos en sequía y/o altas temperaturas en las que se encuentren las plantas (Williams *et al.*, 2009). Provoca daño en las raíces desintegrando las células del tallo, provocando la

senescencia prematura de las hojas y tallos llegando al acame del cultivo, impidiendo la cosecha mecánica, obteniendo así una baja en su rendimiento y calidad de grano.

2.6.2. Virus

Virus del mosaico de la caña de azúcar (*Surgarcane Mosaic virus, SCMV*)

SCMV, es un potyvirus, que contiene una partícula filamentosa, flexuosa de aproximadamente 650 nm a 900 nm de largo y 12-13 nm de ancho (Chaves & Ortiz, 2012). Es un virus cosmopolita que causa enfermedades en gramíneas, presentándose en cualquier parte del mundo en el que se encuentren plantas susceptibles. Estrías cloróticas y rojizas, moteado, necrosis y enanismo, son algunos de los síntomas que este virus produce, disminuyendo el rendimiento del grano significativamente. Sin embargo, los síntomas pueden variar según los genotipos del sorgo, y también es gracias a ellos que se ha llegado a una diferenciación de sus razas y las de otros virus (Perera *et al.*, 2009). El medio de transmisión del virus no se produce a través de la semilla sino por la inoculación con savia (mecánicamente). La forma más efectiva de contrarrestar al virus es con el uso de híbridos o variedades resistentes o tolerantes.

Virus del mosaico enano del maíz (*Maize dwarf mosaic virus, MDMV*)

El virus MDMV tiene formaciones de cuerpos de inclusiones cilíndricos en el citoplasma de las células infectadas, en forma de rollos o molinetes. Es transmitido por medio de la inoculación con savia y a través de más de 20 especies de áfidos vectores, estos obtienen el virus en segundos o minutos y lo transmiten inmediatamente sin periodo de latencia, son los adultos alados los principales vectores de propagación, de manera muy baja es transmitido por medio de las semillas (Garrido, 2001).

Los áfidos alados durante la primavera se alimentan del sorgo infectado, contrayendo el virus, por lo que, en su búsqueda de otras fuentes de alimentación, como el maíz y el sorgo forrajero, realizan picadas de prueba en los hospedantes

transmitiendo el virus de forma instantánea, este proceso se conoce como infección primaria (De la Paz, 2012). Las afectaciones a los cultivos son de mayor grado en los primeros estadios vegetativos, las plántulas de infección primaria también puede ser fuente de inóculo para una infección secundaria en el mismo cultivo o de cultivos cercanos. Para su prevención se debe considerar la fecha de siembra y el uso de híbridos tolerantes o resistentes al MDMV, de igual forma evitar la siembra en lotes infectados.

2.6.3. Bacterias

Estría roja del sorgo (*Robbsia andropogonis*)

Los síntomas de esta enfermedad son identificables por las apariciones de estrías rojizas, que son paralelas a las nervaduras de las hojas, se presentan de manera discontinua y de longitudes variables, que con el avance de la enfermedad estas lesiones se vuelven de mayor tamaño y grosor, así como también se empiezan a notar exudados del tejido de la hoja que al deshidratarse adquieren una apariencia escamosa (Velazquez *et al.*, 2019). Los daños en el cultivo son graves dependiendo de la etapa en la que se infecte de esta bacteriosis, cuando la plántula es infectada en una etapa joven su crecimiento se ve estancado, además de que puede provocar la muerte de la misma, en una etapa de estadio medio la planta puede llegar a producir la panoja, pero con mayor cantidad de granos de los que se deberían producir, por lo que en cualquier etapa de la plántula la bacteriosis daña en gran medida la producción del sorgo ya sea en grano o forraje.

Esta bacteria ingresa por los estomas o heridas que pueden ser causadas por insectos o por el viento y sobrevive en el rastrojo del cultivo, malezas (sorgo de Alepo) o en las semillas. Las condiciones ambientales óptimas para su desarrollo son una temperatura cálida (24-29°C), humedad; como pueden ser los días nublados o húmedos después de fuertes lluvias, de igual manera la falta de aireación en el cultivo (Navarrete *et al.*, 2014).

2.6.4. Fitoplasmas

Son patógenos que habitan en el floema de las plantas, que son transmitidos por insectos de planta a planta (Gutiérrez-Almaráz, 2008), son parásitos estrictos, su hábitat es intracelular en plantas e insectos vectores, tienen la capacidad de movilidad mediante los poros de las células cribosas del floema. Contienen un único gen de rRNA isoleucina, común en todos los citoplasmas, así como el resto de procariontes la pared celular del fitoplasma se ve rodeada de una membrana plasmática trilaminar, de un grosor de 10 nm, compuesta de dos tercios de proteínas y un tercio de lípidos. Los insectos vectores del orden Hemiptera, Familias, *Cicadellidae*, *Cixidae*, *Cercopidae*, *Psyllidae* y *Fulgoridae*, son las principales fuentes de propagación de los fitoplasmas (Camarena-Torre, 2008).

La sintomatología de las plantas infectadas por fitoplasmas son: clorosis, un enrojecimiento precoz de las hojas, esterilidad en las flores, virescencia, enrollamiento de las hojas, decaimiento general, filodio, proliferación de yemas adventicias que al desarrollarse crecen muchas ramificaciones. Se debe de hacer un estudio para la identificación de los fitoplasmas que están afectando el cultivo, ya que según los estudios de serología se ha presentado que distintos fitoplasma pueden causar la misma sintomatología en el mismo cultivo, además de que, con el intercambio de germoplasma actual, se han detectado diferentes comportamientos de los fitoplasmas y reacciones en diferentes ambientes (Reveles, *et al.*, 2014)

2.6.5. Nematodos

Causan daños en las raíces y los órganos aéreos de las plántulas, significando así una gran pérdida de los cultivos hospedantes, es de suma importancia la identificación de los nematodos que se encuentran en el suelo del cultivo ya que en base a ello podemos deducir la agresividad del mismo (Robles-Pérez, 2011).

Los nematodos además de causar daños a las planta tienen una interrelación con lo demás patógenos siendo así que en conjunto pueden ocasionar o intensificar los daños al cultivos , existen evidencias que cuando un cultivo es afectado por nematodos es más susceptible que sufra daños por hongos, un ejemplo de la

interrelación de estos es la marchitez causada por *Fusarium* o la pudrición de la raíz por *Phytophthora* y *Rhizoctonia*, en el caso de las bacterias no se conocen muchos casos de interacción entre estos, la única relación que se da a notar es que proporciona un poco de infección facilitando el daño a la planta como es la marchitez bacteriana del tabaco producida por *Pseudomonas solanacearum* (Guzman *et al.*, 2009). La mancha anular del tomate, anillo negro del tomate entre otras enfermedades causadas por virus son transmitidas por medio de nematodos vectores que sólo son 4 géneros: *Xiphinema*, *Longidorus* que sólo transmiten virus redondos es decir virus poliédricos y *Trichodorus* y *Paratrichodurus* transmiten 2 virus filiformes, virus cascabel del tabaco (Peña-Páez, 2010).

2.7. Regulación de la Semilla

Las semillas son mayormente el método de propagación de las plantas cultivadas, así mismo es uno de los medios que propician la contaminación biológica de los cultivos, a través de los fitopatógenos que pueden contener, esto debido a que la longevidad de los patógenos es mayor en las semillas ya sea en la parte exterior o interior de la misma, a diferencia del suelo y los desechos de la cosecha (Mezzalama, 2010).

La contaminación de las semillas no solo implica una pérdida económica al no obtener el rendimiento deseado del cultivo, si no que interviene con la salud de los consumidores, es por ello que es indispensable que los productos obtenidos de los cultivos, ya sea en grano o procesado, tengan las normas fitosanitarias requeridas según el producto y país (Pereyra *et al.*, 2019).

2.7.1. Sanidad de las semillas

El movimiento de las semillas debido a la comercialización de las mismas en distintas partes del planeta incrementa el riesgo de propagación de patógenos que las utilizan como medio de transporte. Ha generado en las empresas una mayor atención en el proceso de desinfección de las semillas, ya que aún después de las medidas fitosanitarias impuestas por las autoridades, las empresas emplean sus propios sistemas de control para asegurar la calidad del producto (Mezzalama,

2010). Se realiza una inspección de las plantas durante su ciclo vegetativo concentrándose en las plántulas infectadas y así evitar realizar la cosecha de las mismas y contaminar el lote, en su mayoría las semillas son asintomáticas por lo que no es posible detectar simple vista la infección, de ahí la importancia de protocolos confiables en la detección de patógenos que den la máxima garantía sanitaria de lotes inspeccionados.

El Sistema Territorial de Laboratorios de Análisis de Semillas (SiTeLAS), creado por la Resolución INASE N° 248/2022, crea una red de laboratorios con funcionamiento en territorio provincial y fija sus marcos regulatorios con el objeto de adaptar sus servicios por región. Proporcionando al productor no solo un test de germinación, pureza y viabilidad sino también un análisis de patógenos de semillas especializados en los cultivos del área involucradas, dando así al productor la oportunidad de decidir el camino a seguir en su cultivo, tomando las medidas necesarias para no tener o disminuir sus pérdidas en producto (La sanidad en semillas y el rol de los laboratorios de análisis, 2022).

Para la prevención y cuidado de la diseminación de plagas y patógenos de valor económico de los cultivos, por medio del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, 2023. Se consolidaron normas que regulen la calidad y sanidad de las semillas, que son procedimientos fitosanitarios que cumplen con los estándares del tratado de libre comercio, esto para beneficio del productor y consumidor, así como de la salud y propagación de plagas y patógenos. Como son las siguientes:

NOM-022-SAG/FITO-2016, Especificaciones, criterios y procedimientos fitosanitarios para las personas físicas o morales que presten servicios de tratamientos fitosanitarios. **NOM-069-FITO-1995**, para el establecimiento y reconocimiento de zonas libres de plagas.

NOM-081-FITO-2001, manejo y eliminación de focos de infestación de plagas, mediante el establecimiento o reordenamiento de fechas de siembra, cosecha y destrucción de residuos.

NOM-078-FITO-2000, regulación fitosanitaria para prevenir y evitar la diseminación del ergot del sorgo; la cual se completa con la **NOM-EM-030-FITO-1998**, Norma Oficial Mexicana (Con Carácter De Emergencia), Por la que se establece la certificación fitosanitaria de Semilla de Sorgo para prevenir y evitar la diseminación del ergot del sorgo.

2.7.2. Calidad de las semillas

Es el conjunto de características que el consumidor tiene para considerar su elección en base a sus necesidades y expectativas. Dentro de este concepto podemos encontrar cuatro cualidades básicas a considerar: genética, fisiológica, sanitaria y física. Donde sí se presenta alguna deficiencia en alguna de estas cualidades nos podemos ver limitados y por tanto bajar el rendimiento de la misma (Terenti, 2004).

Genética: Hace referencia a la constitución genética de las semillas, debido a la conservación del genotipo entre más pura sea la semilla prevalece su continuidad a través del tiempo, preservando sus características originales. La creación de híbridos nos ayuda a mejora la resistencia y rendimiento de algunas variedades beneficiando así al productor y así mismo al consumidor (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, 2020).

Fisiológica: Abarca la germinación y emergencia de las semillas para la producción de plántulas uniformes y vigorosas, la viabilidad de las semillas llega durante la madurez fisiológica, empezando a envejecer perdiendo vigor, reduciendo su metabolismo, sin dejar de respirar y gastar energía para sus funciones vitales, por ello es de suma importancia que se almacene en un ambiente seco y fresco (Terenti, 2004).

Sanitaria: Es decir cuando la semilla se encuentra libre de cualquier patógeno que genere alguna afección al cultivo.

Física: Son los daños que sufre por el manejo de la misma, afecciones que son visibles a simple vista, como el color, brillo, daños mecánicos (fracturas, cuarteos).

También se encuentran los contaminantes como son materiales inertes, insectos y semillas de otras especies (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2012).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Ubicación del experimento

Se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el Departamento de Parasitología, laboratorio de Fitopatología.

3.1.2. Genotipos del cultivo

Se seleccionaron cuatro variedades de semillas de *Sorghum bicolor* L., proporcionadas por el Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), de tres distintos orígenes:

- Semillas LES - 267 y LES - 29I, Provenientes de la (UAAAN).
- Semilla VAN – 18, San Pedro de las Colonias, Coahuila.
- Semilla AN – 40, Tepalcingo, Morelos.

3.1.3. Reactivos

Para la detección de micobiota de las semillas, se utilizó un medio de cultivo verde de malaquita agar.

3.2. Métodos

3.2.1. Composición del medio de cultivo

* Peptona = 15 g * $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ = 0.5 g * KH_2PO_4 = 1g * Agar = 20g
* Gentamicina = 1ml/L * H_2O = 1L * Oxalato verde de malaquita = 2.5 mg

3.2.2. Procedimiento del medio de cultivo

Primeramente, se pesó cada uno de los reactivos a utilizar, para ser colocados en un matraz y son agitados hasta crear un líquido uniforme. Posteriormente se colocó sobre un mechero de bunsen para calentarlo casi a punto de ebullición para una mejor uniformidad de la mezcla. En seguida se le colocó un tapón, para que la mezcla sea esterilizada dentro de una olla de presión, en conjunto de sanitas y agua destilada. Al término de la esterilización se deja enfriar un poco, para poder ser

distribuido en las cajas Petri para su posterior uso, este proceso se realiza dentro de la campana de flujo laminar para que el medio de cultivo no se contamine por factores exteriores. Finalmente, el agua destilada y sanitas esterilizadas, junto con las semillas a detectar se dejan dentro de la campana de flujo laminar

3.2.3. Lavado de semilla y desinfección superficial

Se realizó la selección de 25 semillas asintomáticas por cada caja Petri, con 10 repeticiones de cada variedad de las mismas, siendo un total de 250 semillas por variedad. Posteriormente, en un matraz pequeño se colocó hipoclorito de sodio en conjunto de las 25 semillas antes mencionadas en movimiento constante durante un minuto, con ayuda de un colador se retiró el hipoclorito usado, este proceso se realizó 3 veces para un triple lavado. Finalmente, con pinzas estériles se colocaron las semillas sobre sanitas, para su secado, dejándolas reposar durante 24 horas para su posterior siembra.

3.2.4. Siembra de semillas

Una vez secas la semillas, dentro de la campana de flujo laminar y con la ayuda de un mechero de bunsen, pinzas esterilizadas, se procedió a colocar las 25 semillas en cada caja Petri de forma ordenada y espaciada, ejerciendo un poco de presión para adherir la semilla al medio de cultivo, sin romper el mismo. Al concluir el proceso de siembra, son selladas con cinta cada caja Petri y son etiquetadas para su posterior identificación. Se mantuvieron en reposo durante 9 días en temperatura ambiente (27°C), para el crecimiento de los microorganismos.

3.2.5. Diseño Experimental

Las siembras fueron distribuidas en un diseño completamente al azar con 10 repeticiones por cada tratamiento (variedad).

3.3. Monitoreo de crecimiento

A los nueve días se realizó una revisión de las muestras para visualizar la presencia de los microorganismos, sin embargo, no hubo señal de ellos por lo que se dejaron nueve días más de reposo.

3.3.1. Incidencia de la micobiota

Se determinó la incidencia de la micobiota portada en semillas de sorgo, en lo cual se examinaron las semillas que fueron colonizadas con apariencia algodonosa lo que era indicativo del crecimiento de hongos, la incidencia se determinó contabilizando el número de semillas colonizadas respecto al total de cada repetición y se expresó en porcentaje.

3.4. Identificación de la micobiota

Para la identificación de los patógenos presentes se realizó un muestreo de la siguiente manera:

Con la ayuda de un mechero de bunsen, una aguja de disección, portaobjetos y cubreobjetos, alcohol para esterilizar, y azul de lactofenol, en conjunto de la caja Petri que contiene el hongo, y del apoyo de un microscopio compuesto.

La aguja de disección se esterilizó con la ayuda del mechero y un poco de alcohol, para que con este se tome un poco de la estructura del patógeno para su identificación. En el portaobjetos se colocó una gota de lactofenol azul sobre el cual se disgregó la estructura antes tomada con la aguja sobre el porta objetos y sobre ello el cubre objetos, el cual es puesto en el microscopio compuesto para identificarlo. Este procedimiento se realizó con cada una de las colonias crecidas en las semillas de los diferentes genotipos de sorgo. Para la identificación de géneros fue necesario apoyarse de las claves taxonómicas de Barnet y Hunter (1998) y de literatura especializada.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de la micobiota en semillas de sorgo:

Phytophthora sp

Se identificó al género *Phytophthora*, con micelio alargado, hialino y sin septos, las estructuras observadas fueron zoosporas y oosporas. En cajas Petri creció de forma torulosa y con una apariencia algodonosa de color blanco. Este género ocasiona tizones y pudriciones de la raíz de otras plantas, afecta principalmente los órganos aéreos de la planta como son las hojas, frutos y tallos en etapa juvenil, ahogamiento de plántulas (Ochoa *et al.*, 2024).

Dentro de las características de las esporas sexuales y asexuales se tienen claves para su identificación, en las sexuales; el tipo de anteridio, dimensiones y características del oogonio y oospora, mientras que en las esporas asexuales; la forma de la base del esporangióforo, así como su tipo de ramificación, otro aspecto de identificación es el tipo y forma de esporangio, sus dimensiones, número de papilas y longitudes del pedicelo (Soto *et al.*, 2017).

Rhizopus stolonifer

Para su identificación se observaron colonias color gris oscuro (después de 3 días), aspecto velloso-algodonoso. Al microscopio: macrofisionado, cenocítico, hialino, caracterizado por presencia de rizoides (raíces) y estolones. Velázquez *et al.* (2008) reportan que es un zygomyceto el cual carece de septas, con un micelio bien desarrollado y su espora de resistencia es una zigospora de pared gruesa. Son hongos estrictamente terrestres, sus esporas flotan en la atmósfera y son organismos saprofitos, que ocasionan pudriciones blandas y mohos, *Rhizopus* es un género de estos que son oportunistas del hombre, es un moho común del pan, que provoca pudrición de una diversidad de frutos carnosos, flores, semillas, etc.

Las colonias de este patógeno son de tamaño ilimitado, que tienen un mejor desarrollo a una temperatura de 37°C, vellosas, algodonosas y secas, de color blanca, que al llegar a su madurez a los cuatro días adquiere un tono grisáceo

oscuro, su micelio es macrosifonado, cenocítico e hialino, en las conexiones de esporangióforos y estolones, formando rizoides, los esporangióforos no se ramifican y son de gran longitud terminando como esporangios de gran tamaño, con esporangiosporas hialinas o ligeramente cafés (Zambrano, 2007).

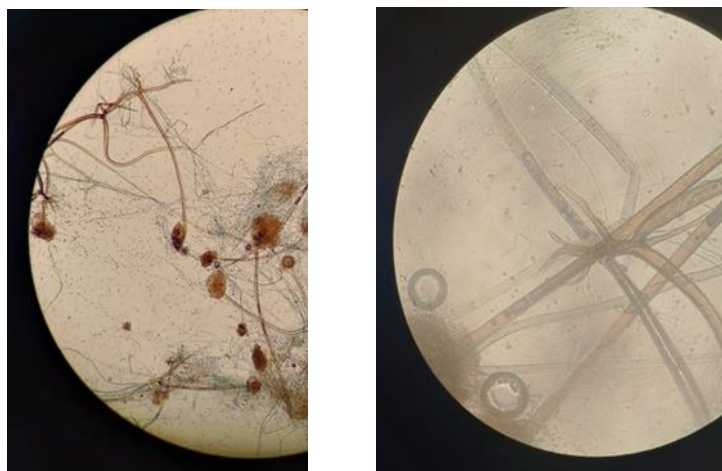


Figura a. Morfología de *Rhizopus stolonifer* vista al microscopio compuesto: Rhizoide (izquierda); esporangióforos y esporangios (derecha).

Alternaria alternata

Se observaron conidios en forma de raqueta y segmentados transversal y longitudinalmente, de coloración marrón. En medio PDA o Agar de Papa Dextrosa (Potato Dextrose Agar) con crecimiento algodonoso grisáceo oscuro. Al respecto, Pavón *et al.* (2012) mencionan que este género incluye a más de 100 especies que en su mayoría son saprofitas cosmopolitas o patógenas de plantas, perteneciente al grupo de los dematiaceos, encontrándose en el suelo y aire, así como en materia de descomposición, cuando las semillas son infectadas por estos hongos resulta en marchitez con una alteración en la eficiencia de germinación y la reducción de hasta el 46% del rendimiento en campo.

Por otra parte, Arratia *et al.* (2022) reportan que es un agente causal de marchitez y tizones que se presenta en la hoja de distintas plantas de importancia económica, su principal forma de dispersión son las esporas por medio del aire.

Por su parte, INSST (2022) describieron que sus colonias son de rápido crecimiento, de tres o cuatro días, se puede observar un aspecto veloso de color gris que pasado el tiempo adquiere tonos negros oliváceos en el centro y con un borde gris blanquecino que rodea la colonia, de forma microscopia se puede identificar los conidióforos simples, tabicados, de una forma alargada u ovoide, se reproduce por medio de la germinación de la célula apical, creando un nuevo conidio, que en consecuencia genera largas cadenas de conidios.

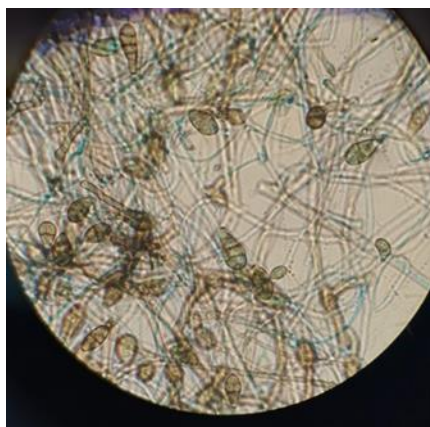


Figura b. Vista al microscopio de *Alternaria alternata* mostrando las conidias y micelio.

Aspergillus niger

Se observaron conidios café oscuro portados en una vesícula con fiálidas y con métula. Las colonias en medio PDA son de color blanco grisáceo al inicio, luego amarillentas y finalmente cubiertas de puntos oscuros. Al respecto, Suárez-

Peñaranda, (2021) reporta que es un género de mohos filamentosos cosmopolitas, típico en condiciones de almacenamiento, que invaden las semillas y granos con bajo contenido de humedad , pueden crecer en diferentes temperaturas de 0 a 55 °C e infectan las semillas antes de la cosecha, por lo cual es importante cosechar las semillas cuando han alcanzado su madurez fenológica, los daños causados por este son la reducción de germinación , el ennegrecimiento total o parcial de los granos y/o semillas, cambios bioquímicos, producción de micotoxinas , que al ser consumidos pueden dañar a los animales o humanos.

Por su parte, INSST (2021) mencionan que se puede identificar fácilmente gracias al color de sus cabezas conidiales en diferentes medios de cultivo; el color varía según el medio de cultivo utilizado que pueden ser blanco, amarillo, azul, verde, café e incluso llegar a tonalidades negro. Además, Gómez *et al.* (2021) mencionan que la textura de la colonia puede ser flocosa, lanosa, granular o una combinación de estos, algunas especies pueden presentar gotas de líquido sobre la superficie de las colonias como exudados. Al reproducirse asexualmente forma conidios con una vesícula terminal de la cual se forman las fiálides en las especies monoseriadas, o una hilera de métulas y sobre estas otra de fiálides en especies biseriadas.



Figura c. Cabezas conidiales de *Aspergillus niger* observadas al microscopio

Cladosporium sp

Se observaron colonias algodonosas como fieltro y de coloración verdosa, los conidios observados en cadena y eran elípticos y sin septos, de color olivo distinguiendo el punto de inserción en el conidióforo erguido incluso cuando el conidio ya no era portado sobre el mismo dejando una cicatriz característica.

Por su parte, Delgado *et al.* (2013) describe al hongo como saprofita de plantas en descomposición, perteneciente al grupo de dematiaceos, que son identificados por la tonalidad oscura que se observa en sus hifas finas que pasan de color hialino a marrón, las cuales son septadas y ramificadas, que así mismo sostienen cadenas ramificadas de conidios unicelulares, elípticas o cilíndricas, los conidios de este patógeno se forman por una germinación sucesiva del conidio anterior, por lo que conidio al final de cada cadena es el más pequeño o joven. Al respecto, SENASICA (2022) reporta que la alta humedad ambiental favorece su germinación, y que las colonias se forman aterciopeladas o vellosas, con pliegues radicales de color blanco que se oscurecen con el tiempo de tonos verdes oliva, gris verdoso o marrón, que causan lesiones en hojas ramas o frutos, de una apariencia de costra principalmente en el furo que es fundamental para la comercialización del cultivo infectado



Figura d. *Cladosporium sp* vista al microscopio compuesto

Incidencia de la micobiota portada en semillas de sorgo LES-267

Como se muestra en la figura 1, se reporta el número de organismos encontrados en semillas de *S. bicolor* (LES-267), el género que predominó fue *Alternaria* con una incidencia de 8.4%, seguido por *Phytophthora*, *Cladosporium* y *Aspergillus*. Además, de encontrar un 86.4% de semillas sanas. Como se puede ver, la incidencia de la micobiota encontrada fue baja. En este mismo contexto, Luna (2020), menciona que el uso del sorgo LES-267, demostró su adaptabilidad al ambiente, de igual manera enfatizó su buena sanidad y poca incidencia de enfermedades en contraste a los resultados obtenidos en esta investigación.

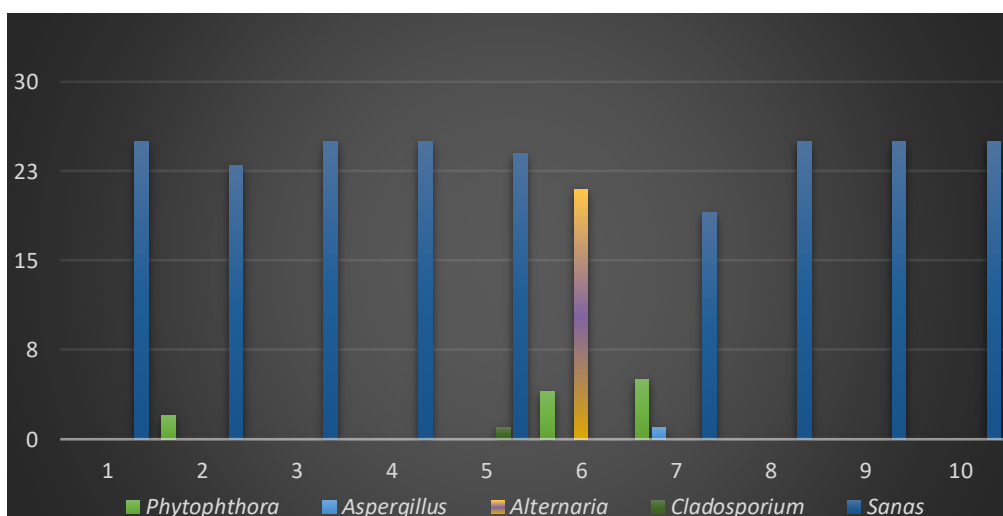


Fig.1. Incidencia de los géneros de hongos portados en semillas de sorgo LES-267.

Incidencia de la micobiota portada en semillas de sorgo LES-291

Por otra parte, en la figura 2 se muestran los resultados de la incidencia de *Phytophthora* sp con un valor de 58%, siendo el microorganismo con mayor presencia seguida de *Alternaria alternata*, dejando sólo un 16.4 % de semillas sanas. Respecto a los resultados de la línea 267, podemos observar que el genotipo

LES-291 presentó susceptibilidad considerable ante este organismo. Sin embargo, de acuerdo al número de géneros encontrados, presenta sólo el 50% de géneros en contraste a la línea 267.

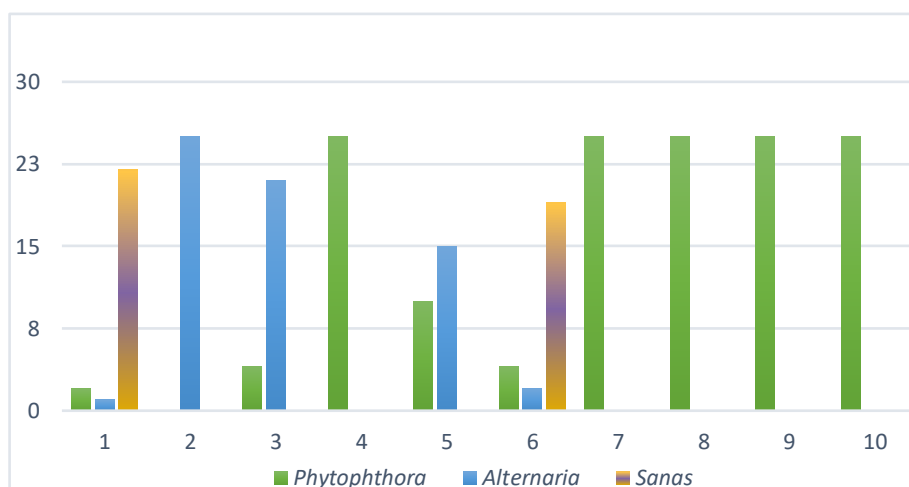


Fig. 2. Incidencia de la microbiota portada en semillas de sorgo LES-291.

Incidencia de la microbiota portada en semillas de sorgo AN-40

Como se reporta en la figura 3, el genotipo AN-40 de esta semilla presentó la mayor presencia de *Phytophthora sp* en comparación con las demás variedades estudiadas con un 81.6% de incidencia, seguida por *Alternaria alternata* y *Rhizopus stolonifer*. Es importante mencionar que éste organismo raramente se encuentra en este cultivo.

En otro contexto, Vaillant-Gómez (2009) reportó que, al paso de los años, el aumento de incidencia de *Phytophthora* en distintos cultivos se ha visto beneficiado debido a los cambios de temperatura y/o clima en distintas partes del planeta. Al respecto, Fernández *et al.* (2013) reportaron que en un experimento del cultivo de tomate variedad Rio Grande en Texcoco de Mora, Edo Méx., se encontró una incidencia del 65% de *Phytophthora capsici*.

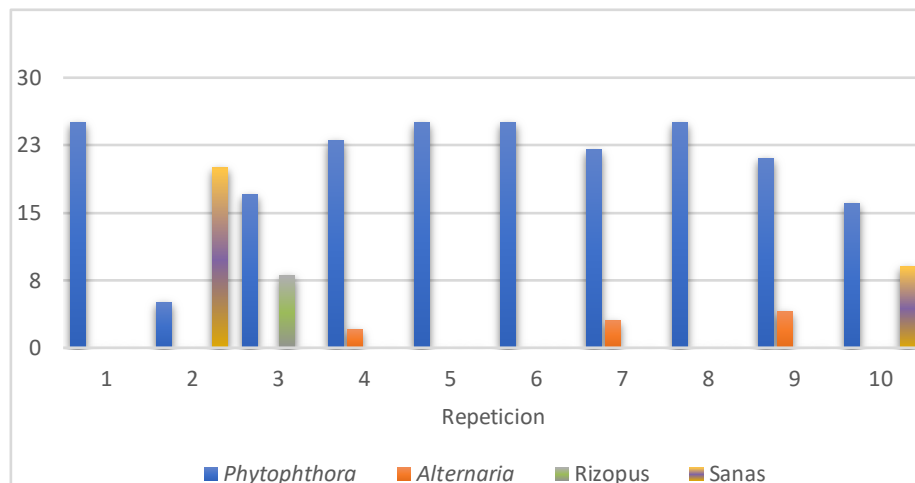


Fig.3. Incidencia de la micobiota portada en semillas de sorgo AN-40.

Incidencia de la micobiota portada en semillas de sorgo VAN-18

Finalmente, en la figura 4 se reportan los resultados de la incidencia de la micobiota encontrada en el genotipo VAN-18, en este genotipo no hubo semillas sanas, además que la incidencia de *Alternaria alternata* se encontró en 66.80%, una tercera parte con presencia de *Phytophthora* 31.2 % y un mínimo de semillas colonizadas por *Aspergillus niger*.

Algunos autores reportan que la detección de *Alternaria* ha sido encontrada hasta de 83.3 % en semillas de cereales, vegetales, frutales y ornamentales (Martínez *et al.*, 2021), así como el 41% de incidencia reportado para *Alternaria alternata* en *Amaranthus mantegazzianus*, como el principal precursor del manchado de semillas, que provocó la disminución de germinación de las mismas (Noelting, 2023).

Es importante mencionar, que el encontrar niveles de *Phytophthora* en estos genotipos, se sugiere que se pudo haber presentado debido a que estuvo en una época donde las lluvias predominaron y algunas plantas fueron susceptibles al acame.

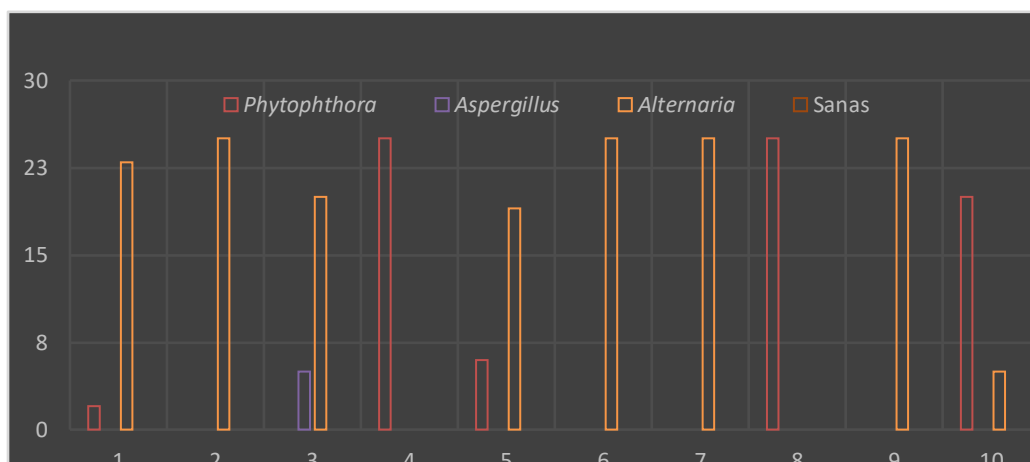


Fig.4. Incidencia de la micobiota portada en semillas de sorgo VAN-18.

Los resultados de esta investigación resaltan la importancia que tiene el uso de semillas sanas y la temprana detección de patógenos, con el fin de disminuir las pérdidas del cultivo por afecciones posteriores, que afectan el rendimiento de los mismos, así como se nos hace notar que los distintos cambios en el ambiente benefició o beneficia al patógeno, por lo cual se recalca de igual forma la importancia del conocimiento de los factores que pueden acelerar o impulsar la infección por patógenos.

5. CONCLUSIONES

Se identificaron a los organismos portados en semillas de diferentes genotipos de sorgo como *Alternaria alternata*, *Rhizopus stolonifer*, *Aspergillus niger* y el género *Phytophthora*. Sin embargo, no se encontró al género *Fusarium* como en un principio se estableció en la hipótesis.

La incidencia de los organismos portados en la semilla se encontró en niveles variables, sobrepasando el 40% en algunos genotipos.

6. LITERATURA CITADA

- Agapito Amador, María Eugenia, Víctor David Cibrián-Llenderal, Mónica Gutiérrez Rojas, Daniel Ruiz-Juárez, Betzabe Ebenhezer López Corona, y Edgar Omar Rueda-Puente. 2022. «*Phytophthora cinnamomi* Rands En Aguacate». Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas 13 (28). México, ME:331-41. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3287>.
- Alistac-Mora (2019). Revista Mexicana de Fitopatología (Vol. 37, Issue Suplemento). Dr. Rodrigo Valverde, Louisiana State University, USA Dr. Sami Michereff, Univ. Federal Rural de Pernambuco, Br. Dr. Miguel Dita Rodriguez, EMBRAPA, Br. Dr. Vicente Febres, University of Florida, USA.
- Ballesteros, AS (2015), Rendimiento del sorgo forrajero (*Sorghum Moench*, 1794) en parcela demostrativa bajo fertilización ecológica (Compost) [Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6910/RENDIMIENTODELSORGOFORRAJERO%28SorghumMoench%2C1794%29ENPARCELADEMOSTRATIVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barkin, D., & Dewalt, B. (2013). La crisis alimentaria mexicana y el sorgo. Problemas del Desarrollo Revista Latinoamericana de Economía, 16(61). <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.1985.61.35741>
- Camarena Gutiérrez, G., & Torre Almaraz, R. D. L. (2008). Fitoplasmas: síntomas y características moleculares. REVISTA CHAPINGO SERIE CIENCIAS FORESTALES Y DEL AMBIENTE, 14(2), 81–87. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182008000200002
- Cartes, R. D. F. C. (2020). Manual, Cultivo del Sorgo Forrajero (Francisco Deck Román Alex Knopel Schüler Luis Reyes Dimter Jaime Vásquez Martínez, Ed.). Universidad de la Frontera.

- Chablé, C. L. P. (2019). Aislamiento e identificación de hongos en semillas de *capsicum spp.* y su sensibilidad in vitro a extractos vegetales. Tecnológico Nacional de México.
- Chaves-Bedoya, G., & Ortiz-Rojas, L. Y. (2012). Evidencia de orígenes filogenéticos diferentes de dos aislamientos mexicanos del virus del mosaico de la caña de azúcar (SCMV). *Acta agronómica*, 61(1), 79–87. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122012000100010
- Cisneros-López, M. E., & Mendoza-Onofre, L. E. (2010). Influencia del genotipo y fecha de siembra en la calidad de semilla de sorgo infectada con ergot. *Revista fitotecnia mexicana*, 33(1), 69–77. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802010000100011
- Contreras y Alba Luz Rangel Riaño, L. Y. S. (2014). Aislamiento de microorganismos para control biológico de *Moniliophthora roreri*. *Acta Agronómica*. 62 (4) 2013, p 370-378.
- Cuevas-Reyes, V., Toledano, B. I. S., Juárez, R. S., Jiménez, J. E. R., Meza, A. L., & gallegos, T. M. (2020). Factores determinantes del uso de sorgo para alimentación de ganado bovino en el noroeste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(4), 1113-1125. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i4.5292>
- De Jesús Martínez Medina, S., Gómez-Kosky, R., Valdés, G. R., Rodríguez, N. V., Castillo, O. S., & Díaz, V. G. (2016). Caracterización morfoagronómica de plantas de sorgo granífero variedad CIAP 132R-05 regeneradas vía embriogénesis somática en condiciones de campo. *Centro Agrícola*, 43(3), 73-79. <https://biblat.unam.mx/hevila/Centroagricola/2016/vol43/no3/9.pdf>
- De la Paz Giménez Pecci Irma Graciela Laguna Sergio Lenardon, M. (2012). Enfermedades del maíz producidas por virus y mollicutes en argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

- De León Martínez, Oscar (2012). El Cultivo del Sorgo [Memorias de Experiencias Profesionales, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio UAAAN <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5357/T19272%20%20%20%20LEON%20MARTINEZ,%20OSCAR%20DE%20%20%20MEMORIA.pdf?sequence=1>
- Debra E. Frederickson Gary N. Odvody Noé Montes Thomas Isakeit (Ed.). (25 de enero de 2022). El ergot del sorgo Diferenciación de los esfacelios y los esclerocios de *Claviceps africana* en la semilla. AgriLife Communications and Marketing, El Sistema Universitario Texas A&M.
- Delgado-Méndez, C. G., Castaño-Zapata, J., & Villegas-Estrada, B. (2013). Caracterización del agente causante de la Roña del Maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa Degener*) en Colombia. *Revista De La Academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, 37(143), 215–227. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.5>
- Díaz Romero, R. C., & Téllez Solano, P. M. (2020). Diagnostico fitosanitario en el cultivo de sorgo forrajero sureño (*Sorghum vulgare*) en las condiciones agroecológicas del centro de prácticas San Isidro Labrador - UNA Camoapa en el periodo de diciembre 2019 - febrero 2020. Universidad Nacional Agraria.
- El Productor Porcino. (2018, mayo 23). El Sorgo Como Reemplazo Del Maíz En La Alimentación Porcina. <https://elproductorporcino.com/leerEntrada/num/355>
- FAUBA. (2024). Pudrición del Tallo del Sorgo (*Fusarium graminearum*). Herbario Virtual Fitopatología. https://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page_id=186
- Fernández-Herrera, Guerrero Ruiz JC, Rueda Puente EO y Acosta Ramos. (2013). Patógenos y síntomas asociados a la marchitez del tomate (*Solanum lycopersicum L.*) en Texcoco México. *Revista de Ciencias Biológicas y de La Salud*, XV(3), 46–50.
- Fernández-Herrera, E., Acosta-Ramos, M., Ponce-González, F., & Manuel-Pinto, V. (2007). Manejo Biológico de *Phytophthora capsici* Leo., *Fusarium oxysporum*

Schlechtend: Fr. y Rhizoctonia solani Kühn en Jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092007000100005

Garrido, M. J. (Ed.). (2001). Virus que infectan al sorgo (Vol. 19, Número 1). Revista Unellez ciencia y tecnología.

Giorda, L. M. (2018, septiembre 15). Variedades e híbridos forrajeros en sorgo. Engormix. <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/variedades-hibridos-forrajeros-sorgo-t42668.htm>

Gómez, G., & Batista, C. (2006). Optimización de medios de cultivos para microorganismos, una valiosa estrategia para la producción de biopreparados de interés agrícola. Cultivos Tropicales, Vol. 27, núm. 3, 2006, pp. 17-24. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215825002.pdf>

González, C., & Humberto, A. (2019). Aislamiento y caracterización de microorganismos con potencial antagónico para el control biológico de *Pyricularia oryzae* y *Burkholderia glumae*, en la filósfera del cultivo de arroz en la República de Panamá. <http://up-rid.up.ac.pa/1843/>

González-Garza, R. (2017). Evolución de técnicas de diagnóstico de virus fitopatógenos. Revista Mexicana de Fitopatología: la revista oficial de la Sociedad Mexicana de Fitopatología, 35(3), 591–610. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1706-1>

Gutiérrez, G., & Almaráz, R. D. L. (2008). Fitoplasmas: síntomas y características moleculares. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente, 14(2), 81–87. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182008000200002

Guzmán P, O; Castaño. Z, J; Villegas. E, B. 2009. Principales nematodos fitoparásitos y síntomas ocasionados en cultivos de importancia económica. Revista de Agronomía. 125 p.

- INSST-Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2022). *Alternaria spp.* INSST - Instituto Nacional de Seguridad y Salud En El Trabajo. <https://www.insst.es/agentes-biologicos-basebio/hongos/alternaria-spp>
- INSST-Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2021). *Aspergillus spp.* INSST - Instituto Nacional de Seguridad y Salud En El Trabajo. <https://www.insst.es/agentes-biologicos-basebio/hongos/aspergillus-spp>
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, & Pecuarias, A. y. (2023). Combate de enfermedades provocadas por virus en hortalizas. Gob.Mx. Retrieved March 29, 2024, from <https://www.gob.mx/inifap/articulos/combate-de-enfermedades-provocadas-por-virus-en-hortalizas>
- Jordá, C. 2015. Virosis de Plantas Hortícolas. Conferencia del 5to. Diplomado Internacional en Horticultura Protegida. Intagri –UAI.
- Joo-jin J, Ho-jong J and Jaejong N. 2014. A Review of Detection Methods for the Plant Viruses. Research in Plant Disease. 20:173-181. <http://dx.doi.org/10.5423/RPD.2014.20.3.173>
- Juan F., S. H. (2008). Efecto de *Dolichos lablab*, *Mucuna pruriens*, *Vigna sinensis* y *Sorghum bicolor* en el manejo de coyolillo (*Cyperus rotundus*) y nematodos (*Meloidogyne sp.*). Universidad Zamorano.
- La sanidad en semillas y el rol de los laboratorios de análisis. (2022, noviembre 18). Argentina.gob.ar. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/la-sanidad-en-semillas-y-el-rol-de-los-laboratorios-de-analisis>
- Luis, R. S. J., MamadouBâ, K., Arturo, K. B. H., & Francisco, M. H. (2013). Estimación de la demanda hídrica del trigo y sorgo en el Estado de México mediante la recalibración de K T. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542013000500013#:~:text=El%20agua%20es%20muy%20importante,periodos%20de%20saturaci%C3%B3n%20de%20agua.

- Luna, H. F. (2020). Evaluación del Comportamiento Agronómico de Líneas Experimentales de Sorgo en la Comarca Lagunera. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Marcela Patricia Gómez Rojas Jorge William Arboleda Valencia Oscar Marino Mosquera Martínez. (2021). Género *Aspergillus*: fuente potencial de péptidos bioactivos. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 12(1).
- Martínez Einar, Abreu-Fundora Jorge, Cantillo-Pérez Taimy (2021). (*Revista de Protección Vegetal*, Vol. 36, No. 1). Incidencia de *Alternaria* spp. en semillas de cereales, vegetales, frutales y ornamentales. (1-2 pp)
<https://revistas.censa.edu.cu/index.php/RPV/article/view/1123/1754>
 Mexicana de Fitopatología 35(3): 591-610. DOI: 10.18781/R.MEX.FIT.1706-1.
- Mezzalama, M. 2010. Sanidad de Semillas: Reglas y normas para el desplazamiento seguro de germoplasma. Segunda edición. México, D.F.: CIMMYT.
- Morataya, D. J. A. (15 DE DICIEMBRE DE 2016). Elaboración de un snack tipo galleta a base de sorgo (*Sorghum bicolor*), fortificada con semilla de pepitoria, su análisis sensorial y bromatológico [Universidad Doctor José Matías Delgado].
<http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/3145/1/0002523-ADTESAE.pdf>
- Muñoz R., V., Cisterna O., V., & France I., A. (2020). Aislamiento de microorganismos fitopatógenos. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/67165>
- Navarrete Maya, R., Aranda Ocampo, S., Rodríguez Mejía, M. de L., Moya Hernández, S. L., & González Ochoa, M. G. (2014). Bacterias Fitopatógenas en Semillas: Su Detección y Regulación. *Revista mexicana de fitopatología: la revista oficial de la Sociedad Mexicana de Fitopatología*, 32(2), 75–88.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092014000200075
- Navarrete Maya, Rosa; Aranda Ocampo, Sergio; Rodríguez Mejía, María de Lourdes; Moya Hernández, Sandra Lourdes; González Ochoa, Mitzi Georgina Bacterias Fitopatógenas en Semillas: Su Detección y Regulación *Revista Mexicana de*

Fitopatología, vol. 32, núm. 2, 2014, pp. 75-88 Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C. Texcoco, México

Noelting, M. C. I. (2023). *Control integrado de Alternaria alternata en Amaranthus mantegazzianus*. Universidad Nacional de La Plata.

Ocampo, S. A. (Ed.). (2013). *Enfermedades Bacterianas Asociadas a Semillas de Cereales* (Vol. 31). Revista Mexicana de Fitopatología. <https://www.smf.org.mx/rmf/suplemento/docs/bacterias/8SergioArandaOcampo.pdf>

Ochoa Martínez. Daniel L.; de la Isla de Bauer, Ma. de Lourdes; Aranda Ocampo S., Cristóbal Alejo; Mora Aguilera G. (Primera edición 2024). *Fitopatología Volumen I, Conceptos y Principios* (A. C. Sociedad Mexicana de Fitopatología, Ed.). Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) ,2012. ¿Qué es y en qué consiste el análisis de pureza física de las semillas? *Gobierno de México*. <https://www.gob.mx/snics/articulos/que-es-y-en-que-consiste-el-analisis-de-pureza-fisica-de-las-semillas?idiom=es>

Oscar Terenti. 2004. E. E. A. INTA San Luis, I. R. 1(2). (2001-2018). CALIDAD DE SEMILLA, QUÉ IMPLICA Y CÓMO EVALUARLA. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/27-calidad_semillas.pdf

Pablo Daniel Velazquez ,Maria Cristina Plazas, Gustavo Guerra. (2019). Estría roja del sorgo por *Robbsia andropogonis* en Paraná, Entre Ríos, durante el ciclo 2018/19. Serie Extension INTA Parana No. 84, 92-96. (INTA EEA Paraná, Facultad de Ciencias Agropecuarias-Universidad Católica de Córdoba, Ed.).

Pablo Santiago Sanchez Azcorra, M. (diciembre 2018). *Manual de Practicas, Fitopatologia (AEJ-1028), Programa Académico de Ingeniería en Agronomía*. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de la Zona Maya. www.itzonamaya.edu.mx/web_biblio/archivos/manuales/07_fitopatologia.pdf

- Patiño-Moscoso, M. A., Osorio-Guerrero, K. V., Flórez-Gómez, D. L., Sarmiento-Moreno, L. F., & Vargas-Ramírez, D. N. (2023). Molecular identification and prevalence of fungal contaminants in seeds of semi-annual crops. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 347–358. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.030>
- Pavón Moreno, M. Á., González Alonso, I., Martín de Santos, R., & García Lacarra, T. (2012). Importancia del género *Alternaria* como productor de micotoxinas y agente causal de enfermedades humanas. *Nutrición Hospitalaria: Órgano Oficial de La Sociedad Española de Nutrición Parenteral y Enteral*, 27(6), 1772–1781. <https://doi.org/10.3305/nh.2012.27.6.6017>
- Pecina Quintero, Víctor; M.C. Carlos Herrera Corredor Dr. Miguel Hernández Martínez Dr. Noé Montes García M.C. Tomas Moreno Gallegos. (2017). *Tecnología de Producción de Sorgo Dulce (Sorghum bicolor (L.) Moench) en Guanajuato* (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Centro, Campo Experimental Bajío Celaya, Guanajuato, México, Ed.). SAGARPA-Inifap.
- Perera, M. F., Filippone, M. P., Ramallo, J. C., Cuenya, M. I., & Castagnaro, A. P. (2009). Diversidad genética del complejo de virosis asociadas a la enfermedad del mosaico de la caña de azúcar en Tucumán, Argentina. *Revista industrial y agrícola de Tucumán*, 86(2), 1–6. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-30182009000200001
- Pérez, A., Saucedo, O., Iglesias, J., Wencomo, H. B., Reyes, F., Oquendo, G., & Milián, I. (2010). Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Pastos y Forrajes*, 33(1), 1–1. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942010000100001
- Pizzanelli, M. (2023). Maíz y sorgo: situación y perspectivas. En *Análisis Sectorial y Cadenas Productivas* (pp. 14–17). Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca Oficina de Programación y Política Agropecuaria.

- Rafael Ricardo Peña Sánchez Jaime Eduardo Páez Mendieta. (2010). Fitopatología. In Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Ed.), *Nematodos Fitopatógenos*.
- Reveles-Torres L.R., Velásquez-Valle, R., y Mauricio-Castillo, J.A. 2014. Fitoplasmas: Otros agentes fitopatógenos. Folleto Técnico Núm 56. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC – INIFAP, 41 páginas.
- Rivera, Marta C. Apuntes de patología vegetal: fundamentos y prácticas para la salud de las plantas / Marta C. Rivera; Eduardo Roberto Wright. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía, 2020.
- Robles Hernández, Juan Pablo - Pérez Moreno, Luis. (2011). Densidad Poblacional de Nematodos Fitoparásitos en Suelo de Irapuato, Guanajuato (Vol. 29, No. 2).
- SAGARPA, 2009. Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico, MÉXICO, DF.: SAGARPA.
- SAGARPA. (2017). Planeación Agrícola Nacional 2017 - 2030.
- Sánchez, M.-A., Villegas-Estrada, B., & Valencia-Jiménez, A. (enero-junio 2021). Evaluación de métodos para la inoculación y diagnóstico del virus del mosaico del pepino (CMV).
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural; (n.d.). Cinco derivados del sorgo que no conocías. Gob.Mx. Retrieved August 6, 2023, from <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/cinco-derivados-del-sorgo-que-no-conocias>
- SENASICA. (2023). *Macrophomina phaseolina* Pudrición carbonosa del tallo en el cultivo de chia. Dirección General De Sanidad Vegetal - Dirección Del Centro Nacional De Referencia Fitosanitaria. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/847746/Ficha_tecnica_Macrophomina_phaseolina_Chia.pdf

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural;(19 de octubre de 2022). Sorgo, más que un cereal. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/sorgo-mas-que-un-cereal>

Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. (2020). Beneficios de la calificación de semillas. Gobierno de Mexico. <https://www.gob.mx/snics/articulos/beneficios-de-la-calificacion-de-semillas?idiom=es>

Sorgo. (2019, March 24). Vivir sin Gluten. <https://vivirsingluten.online/sorgo/>

Soto Plancarte, A., Rodríguez Alvarado, G., Fernández Pavía, Y. L., Pedraza Santos, M. E., López Pérez, L., Díaz Celaya, M., & Fernández Pavía, S. P. (2017). Protocolos de aislamiento y diagnóstico de *Phytophthora spp.*: enfoque aplicado a la investigación. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 8(8), 1867–1880. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i8.708>

Identificación molecular de hongos filamentosos y su potencial biotecnológico. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 20(1), 194–206. <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n1.2022.1914>

Treviño-Salinas M., Castillo-Ruíz, & G. Rodríguez-Castillejos. (2020). Sorgo blanco: alternativa saludable para la alimentación humana. En Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos (Vol. 5). https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1015482?locale=pt_BR

Vaillant Flores, D. I., & Gómez Izaquirre, G. (2009). Incidencia de *Phytophthora nicotianae* y *Phytophthora infestans* en Cuba. Agricultura técnica en México, 35(2), 219–223. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172009000200009

Valenzuela, B. J. V. (2009). Tolerancia del híbrido de sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) H 89 - 96 a diferentes niveles de daños causados por enfermedades foliares durante

la etapa vegetativa, postrera 2006. Universidad Nacional Agraria Facultad De Agronomía.

Velázquez PD y Formento A. NORTE. Grupo Factores Bióticos y Protección vegetal INTA EEE Paraná. (2014). Ergot o enfermedad azucarada del sorgo en Entre Ríos. Ciclo agrícola 2013/14. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. https://www.researchgate.net/publication/315524127_Ergot_o_enfermedad_azucarada_del_sorgo_en_Entre_Rios_Ciclo_agricola_201314

Velazquez, P.; Formento, A.; 2015. - Ergot o enfermedad azucarada del sorgo en Entre Ríos. Ciclo agrícola 2013/2014. - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. - ISBN/ISSN: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_ergot_sorgo_o_enfermedad_azucarada_del_sorgo.pdf

Velázquez-del Valle, M. G., Bautista-Baños, S., Hernández-Lauzardo, A. N., Guerra-Sánchez, M. G., & Amora-Lazcano, E. (2008). Estrategias de Control de *Rhizopus stolonifer* Ehrenb. (Ex Fr.) Lind, Agente Causal de Pudriciones Postcosecha en Productos Agrícolas. *Revista Mexicana de Fitopatología: la revista oficial de la Sociedad Mexicana de Fitopatología*, 26(1), 49–55. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092008000100008

VIRESA. (lunes, 12 de julio de 2021). Tipos de Medio de Cultivo. VIRESA. https://viresa.com.mx/blog_tipos_medios_cultivo

Williams-Alanís, H., Pecina-Quintero, V., Montes-García, N., Zavala-García, F., Arcos-Cavazos, G., & Gámez-Vázquez, A. J. (2009). Evaluación de Híbridos de Sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] para Resistencia a Pudrición Carbonosa [*Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid.] en Tamaulipas, México. *Revista mexicana de fitopatología: la revista oficial de la Sociedad Mexicana de Fitopatología*, 27(1), 69–72. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092009000100009

Zambrano, A. (2007). Identificación de hongos asociados a enfermedades del fruto de la fresa en el municipio Jáuregui del estado Táchira. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 24(2), 269–281.
https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182007000200005