

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN AGRÍCOLA Y FORESTAL**



*“Por un desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible”*

**TRABAJO DE DIPLOMA**

**CALIDAD FITOSANITARIA Y PRESENCIA DE AFLATOXINAS EN  
GRANOS DE SORGO [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], EN ALMACEN Y  
CAMPO, 2005**

**AUTORES**

**Br. ROGER IVAN MATAMOROS VILCHEZ  
Br. OLIVER RAFAEL RUGAMA MILLER**

**ASESORES**

**Ing. M.Sc. YANET GUTIERREZ GAITAN  
Ing. M.Sc. MARTHA ZAMORA SOLÓRZANO**

**MANAGUA, NICARAGUA  
NOVIEMBRE, 2006**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN AGRÍCOLA Y FORESTAL**



*“Por un desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible”*

**TRABAJO DE DIPLOMA**

**CALIDAD FITOSANITARIA Y PRESENCIA DE AFLATOXINAS EN  
GRANOS DE SORGO [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], EN ALMACEN Y  
CAMPO, 2005**

**AUTORES**

**Br. ROGER IVAN MATAMOROS VILCHEZ  
Br. OLIVER RAFAEL RUGAMA MILLER**

**ASESORES**

**Ing. M.Sc. YANET GUTIERREZ GAITAN  
Ing. M.Sc. MARTHA ZAMORA SOLÓRZANO**

**Presentado a la consideración del honorable tribunal examinador como  
requisito parcial para optar al grado de Ingeniero en sistema de Protección  
Agrícola y Forestal.**

**MANAGUA, NICARAGUA  
NOVIEMBRE, 2006**

## INDICE GENERAL

Sección		Páginas
	<b>INDICE DE FIGURAS</b>	i
	<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	iii
	<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	iv
	<b>INDICE DE FOTOS</b>	vi
	<b>DEDICATORIA</b>	viii
	<b>AGRADECIMIENTOS</b>	x
	<b>RESUMEN</b>	xii
<b>I</b>	<b>INTRODUCCION</b>	1
<b>II</b>	<b>OBJETIVOS</b>	3
<b>III</b>	<b>REVISION DE LITERATURA</b>	4
3.1	<b>Insectos</b>	4
3.1.1	<b>Plagas Primarias</b>	5
3.1.1.1	El Gorgojo del arroz ( <i>Sitophilus oryzae</i> (L.))	5
3.1.1.2	Pequeño Barrenador de los granos ( <i>Rhizopertha dominica</i> (F.))	6
3.1.2	<b>Plagas Secundarias</b>	6
3.1.2.1	Gorgojo Castaño de la harina o Gorgojo rojo de la harina ( <i>Tribolium castaneum</i> Herbst J. Du. Val)	6
3.1.2.2	Gorgojo Dentado de los granos o Gorgojo dientes de sierra ( <i>Oryzaephilus surinamensis</i> (L.))	7
3.1.2.3	Gorgojo ferruginoso o Gorgojo Plano de los granos ( <i>Cryptolestes</i> sp)	8
3.1.2.4	Telarañero del sorgo ( <i>Celama</i> sp )	9
3.1.3	Generalidades de un insecto controlador natural encontrado en granos almacenados	10
3.1.3.1	<i>Orius</i> sp	10
3.2	<b>Hongos</b>	11
3.2.1	<b>Aspergillus Mich.: Fr</b>	11
3.2.1.1	<i>Aspergillus flavus</i> Link	12
3.2.1.2	<i>Aspergillus fumigatus</i> Fres	12
3.2.1.3	<i>Aspergillus niger</i> van Tieghem	13
3.2.1.4	<i>Aspergillus parasiticus</i> Speare	14
3.2.1.5	<i>Aspergillus terreus</i> Thom	14
3.2.1.6	<i>Aspergillus ustus</i> (Bain) Thom and church	15
3.2.1.7	<i>Aspergillus wentii</i> Wehmer	15
3.2.2	<b>Penicillium Link. : Fr</b>	16
3.2.2.1	<i>Penicillium camemberti</i> Thom	17
3.2.3	<b>Fusarium Link. : Fr</b>	17
3.2.3.1	<i>Fusarium oxysporum</i> Schlecht	18
3.2.3.2	<i>Fusarium solani</i> (Mart) Sacc	19
3.2.3.3	<i>Fusarium roseum</i> Schwabe	19
3.2.4	Antracnosis ( <i>Colletotrichum graminicola</i> (Cesati) G. W. Wilson)	20
3.2.5	Raya fuliginosa ( <i>Ramulispora sorghi</i> (Ell. & Ev.) Olive & Lefebvre)	20
3.3	<b>Bacterias</b>	21
3.3.1	Mancha bacterial de la hoja ( <i>Pseudomonas syringae</i> van Hall)	21
3.4	<b>Micotoxinas</b>	22

<b>IV</b>	<b>MATERIALES Y METODOS</b>	24
4.1	Localización del estudio	24
4.2	Toma de muestra	25
4.3	Análisis de muestras	26
4.3.1	Análisis organoléptico	26
4.3.2	Homogenización	26
4.3.3	Determinación de impurezas(Análisis Físico)	26
4.3.4	Humedad de granos	27
4.4	Análisis fitosanitario	27
4.4.1	Análisis Entomológico	27
4.4.2	Análisis Patológico	28
4.4.2.1	Hongos	28
4.4.2.2	Bacterias	28
4.4.2.3	Identificación de especies de <i>Aspergillus</i> y <i>Fusarium</i>	29
4.5	Determinación de aflatoxinas en granos de sorgo	29
4.6	Variables evaluadas	30
4.7	Análisis	30
<b>V</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION</b>	31
5.1	Análisis organoléptico y condiciones de almacenamiento de las industrias y empresas almacenadoras	31
5.2	Análisis organoléptico, condiciones de humedad y temperatura en muestras de granos de sorgo procedentes de campo	33
5.3	Análisis Entomológico en granos de sorgo	35
5.3.1	Granos en almacén	35
5.3.2	Granos en campo	38
5.4	Análisis patológico en granos de sorgo	40
5.4.1	Hongos en granos de muestras de almacén	40
5.4.2	Hongos en granos de muestras de campo	43
5.4.3	Bacterias en granos de muestras de almacén	46
5.4.4	Bacterias en granos de muestras de campo	48
5.4.5	Identificación de especies de <i>Aspergillus</i> y <i>Fusarium</i>	49
5.4.5.1	Especies de <i>Aspergillus</i> spp.	49
5.4.5.2	Especies de <i>Fusarium</i> spp.	50
5.5	Análisis de aflatoxinas	52
<b>VI</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	53
<b>VII</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	55
<b>VIII</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	56
<b>IX</b>	<b>ANEXOS</b>	62

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figuras</b>		<b>Páginas</b>
<b>1</b>	<b>Número total de insectos encontrados en granos e impurezas de sorgo rojo y blanco en las diferentes industrias y empresas almacenadoras, 2005</b>	<b>35</b>
<b>2</b>	<b>Número de insectos plagas primarias de almacén encontrados en granos e impurezas de sorgo rojo y blanco en las diferentes industrias y empresas almacenadoras, 2005</b>	<b>36</b>
<b>3</b>	<b>Número total del insecto del género <i>Cryptolestes</i> sp. encontrados en granos e impurezas de sorgo rojo y blanco en las diferentes industrias y empresas almacenadoras, 2005</b>	<b>37</b>
<b>4</b>	<b>Número total de insectos muertos en granos e impurezas de sorgo rojo y blanco en las diferentes industrias y empresas almacenadoras, 2005</b>	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>Número total de insectos encontrados en granos e impurezas de sorgo rojo y blanco en las diferentes fincas de los productores José Barcenas y Enrique Saravia, 2005</b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>Porcentaje de infección por hongos en 400 granos de sorgo rojo y blanco en las diferentes industrias y empresas almacenadoras de Nicaragua, 2005</b>	<b>40</b>
<b>7</b>	<b>Porcentaje de infección del género <i>Helminthosporium</i> sp. en 400 granos de sorgo rojo y blanco en las diferentes industrias y empresas almacenadoras, 2005</b>	<b>41</b>
<b>8</b>	<b>Porcentaje de infección del género <i>Fusarium</i> spp. en 400 granos de sorgo rojo y blanco en las diferentes empresas e industrias almacenadoras, 2005</b>	<b>41</b>
<b>9</b>	<b>Porcentaje de infección por hongos del género <i>Aspergillus</i> spp., en 400 granos de sorgo rojo y blanco en las diferentes industrias y empresas almacenadoras, 2005</b>	<b>42</b>
<b>10</b>	<b>Porcentaje de infección por hongos en muestras de campo en 400 granos de sorgo rojo y blanco procedente de las fincas de los productores José Barcenas y Enrique Saravia en la época de primera y postrera, 2005</b>	<b>43</b>

<b>11</b>	<b>Porcentaje de infección por géneros de hongos en 400 granos de sorgo rojo y blanco en la finca San Isidro del productor Enrique Saravia en época de postrera, 2005</b>	<b>45</b>
<b>12</b>	<b>Porcentaje de infección en 400 granos de sorgo rojo por géneros de hongos en la finca el Paraíso del productor José Barcenás en época de primera, 2005</b>	<b>46</b>
<b>13</b>	<b>Porcentaje de infección por bacterias en 400 granos de sorgo rojo y blanco en las diferentes industrias y empresas almacenadoras de Nicaragua, 2005</b>	<b>47</b>
<b>14</b>	<b>Porcentaje de infección por bacterias en muestras colectadas de campo en 400 granos de sorgo rojo y blanco procedente de las fincas de los productores José Barcenás y Enrique Saravia en épocas de primera y postrera, 2005</b>	<b>48</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadros</b>		<b>Páginas</b>
<b>1</b>	<b>Empresas e Industrias Almacenadoras y campos de producción comercial donde se realizaron muestreos de granos de sorgo, abril a noviembre 2005</b>	<b>24</b>
<b>2</b>	<b>Condiciones de almacenamiento y análisis organoléptico de granos de sorgo (1 kg) en industrias y empresas de Nicaragua, 2005</b>	<b>32</b>
<b>3</b>	<b>Temperatura de almacenamiento, color y contenido de humedad de granos de sorgo en diferentes industrias y empresas de Nicaragua, 2005</b>	<b>33</b>
<b>4</b>	<b>Análisis organoléptico de granos de sorgo de muestras de campo, cosecha de primera y postrera, 2005</b>	<b>34</b>
<b>5</b>	<b>Condiciones de humedad y temperatura de granos de sorgo de muestras campo de cosecha de primera y postrera, 2005</b>	<b>34</b>
<b>6</b>	<b>Especies del género <i>Aspergillus</i> spp., encontradas en cada una de las empresas e industrias almacenadoras y en campo, 2005</b>	<b>51</b>

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexos</b>		<b>Páginas</b>
<b>1</b>	<b>Materiales utilizados en la investigación.</b>	<b>63</b>
<b>2</b>	<b>Reactivos, preparación y procedimientos para el análisis de aflatoxinas.</b>	<b>64</b>
<b>3</b>	<b>Medios micologicos para identificación de hongos.</b>	<b>65</b>
<b>4</b>	<b>Algunas micotoxinas producidas por géneros de hongos de campo y almacén.</b>	<b>66</b>
<b>5</b>	<b>Encuesta realizada a las empresas e industrias almacenadoras de granos de sorgo.</b>	<b>67</b>
<b>6</b>	<b>Secuencia analítica de la toma de muestra en granos de sorgo.</b>	<b>69</b>
<b>7</b>	<b>Pruebas bioquímicas para la identificación de bacterias fitopatogenas.</b>	<b>70</b>
<b>8</b>	<b>Número total de insectos en granos e impurezas de sorgo rojo y blanco en MEBASA, 2005</b>	<b>71</b>
<b>9</b>	<b>Número total de insectos en granos e impurezas de sorgo rojo y blanco en ENABAS, 2005</b>	<b>71</b>
<b>10</b>	<b>Número total de insectos en granos e impurezas de sorgo rojo en INDAVINSA, 2005</b>	<b>72</b>
<b>11</b>	<b>Número total de insectos en granos e impurezas de sorgo rojo en SERCOSA, 2005</b>	<b>72</b>
<b>12</b>	<b>Número total de insectos en granos e impurezas de sorgo rojo en MONISA, 2005</b>	<b>73</b>
<b>13</b>	<b>Número total de insectos en granos e impurezas de sorgo blanco en la finca El Paraíso del productor José Barcenás en época de postrera, 2005</b>	<b>73</b>
<b>14</b>	<b>Número total de insectos en granos e impurezas de sorgo rojo en la finca El Paraíso del productor José Barcenás en época de primera, 2005</b>	<b>74</b>



15	Número total de insectos en granos y residuos de sorgo rojo y blanco en la finca Ranchería del productor Enrique Saravia en época de postrera, 2005	74
16	Porcentaje de infección en granos de sorgo rojo y blanco por géneros de hongos en MEBASA, 2005	75
17	Porcentaje de infección en granos de sorgo rojo y blanco por géneros de hongos en ENABAS, 2005	75
18	Porcentaje de infección en granos de sorgo rojo por géneros de hongos en INDAVINSA, 2005	76
19	Porcentaje de infección en granos de sorgo rojo por géneros de hongos en SERCOSA, 2005	77
20	Porcentaje de infección en granos de sorgo rojo por géneros de hongos en MONISA, 2005	77
21	Condiciones climatológicas de la finca San Isidro, Villa 15 de julio, Chinandega, Agost-Dic 2005 (INETER, 2006)	78
22	Condiciones climatológicas de la finca El Paraíso, Tisma, Masaya, May-Dic 2005 (INETER, 2006)	78
23	Porcentaje de infección en granos de sorgo blanco por géneros de hongos en la finca El Paraíso del productor José Barcena en época de postrera, 2005	79
24	Porcentaje de infección por bacterias y bacillus en muestras de sorgo colectadas en las diferentes industrias y empresas almacenadoras de Nicaragua, 2005	79
25	Caracterización morfológica de especies de <i>Fusarium</i> en granos de sorgo	80
26	Resultados del análisis de aflatoxinas en granos de sorgo rojo y blanco recolectados en las diferentes industrias y empresas almacenadoras de Nicaragua, 2005	81

## INDICE DE FOTOS

Fotos		Páginas
1	Adultos del gorgojo del arroz <i>Sitophilus oryzae</i> (L.). <b>A.</b> Vista dorsal de las depresiones circulares del protórax; <b>B.</b> Vista dorsal de los élitros con cuatro manchas de color amarillento; <b>C.</b> Vista lateral (Calidad fitosanitaria, U.N.A).	82
2	Adultos del pequeño barrenador de los granos <i>Rhizopertha dominica</i> (F.). <b>A, B</b> vista lateral; <b>C.</b> Vista lateral del protórax (Calidad fitosanitaria, U.N.A).	83
3	Adultos del gorgojo castaño de la harina <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst J. Du. Val.). <b>A.</b> Vista dorsal.; <b>B.</b> Vista dorsal del protórax (Calidad fitosanitaria, U.N.A).	84
4	Adultos del gorgojo dentado de los granos <i>Oryzaephilus suranemensis</i> (L.). <b>A.</b> Vista dorsal; <b>B.</b> Vista dorsal del protórax y cabeza (Calidad fitosanitaria, (U.N.A).	84
5	Adultos del gorgojo ferruginoso <i>Cryptolestes</i> sp. <b>A.</b> Vista dorsal; <b>B.</b> Vista laterales. (Calidad fitosanitaria, U.N.A).	85
6	Adultos del telarañero del sorgo <i>Celama</i> sp. <b>A.</b> Vista dorsal; <b>B.</b> Vista ventrales. (Calidad fitosanitaria, U.N.A).	85
7	Adulto de <i>Orius</i> sp. <b>A.</b> Vista dorsal; <b>B, C.</b> Vista lateral y forma de estilete. (Calidad fitosanitaria, U.N.A).	86
8	Adulto de la familia Bethylidae. Vista dorsal (Calidad fitosanitaria, U.N.A).	87
9	<i>Aspergillus flavus</i> Link. <b>A.</b> Colonias después de una semana en Cz; <b>B.</b> Cabeza conidial y conidias (Calidad fitosanitaria, U.N.A).	88
10	<i>Aspergillus fumigatus</i> Fres. <b>A.</b> Colonias después de una semana en Cz; <b>B.</b> Cabeza conidial y conidias. (Calidad fitosanitaria, U.N.A)	88
11	<i>Aspergillus niger</i> van Tieghem. <b>A.</b> Colonias después de una semana en Cz; <b>B.</b> Cabeza conidial; <b>C.</b> Cabezuelas conidiales creciendo en Cz (Calidad fitosanitaria U.N.A).	89
12	<i>Aspergillus parasiticus</i> Speare. <b>A.</b> Colonias después de una semana en Cz; <b>B.</b> Cabeza conidial y conidias (Calidad fitosanitaria, U.N.A).	90

13	<i>Aspergillus terreus</i> Thom. <b>A.</b> Colonias después de una semana en Cz; <b>B.</b> Cabeza conidial (Calidad fitosanitaria, U.N.A).	90
14	<i>Aspergillus ustus</i> (Bain.) Thom and Church. <b>A.</b> Colonias después de una semana en Cz; <b>B.</b> Cabeza conidial; <b>C.</b> Conidias (Calidad fitosanitaria, U.N.A).	91
15	<i>Aspergillus wentii</i> Wehmer. Cabeza conidial (Calidad fitosanitaria, U.N.A).	92
16	<i>Penicillium camemberti</i> Thom. <b>A.</b> Conidioforos con conidias; <b>B.</b> Colonias en Cz después de una semana (Calidad fitosanitaria, U.N.A).	92
17	<i>Fusarium roseum</i> Schwabe. <b>A.</b> Colonias en PDA después de una semana; <b>B.</b> Macroconidias con 4-5 septos (Calidad fitosanitaria, U.N.A).	93
18	<i>Fusarium oxysporum</i> Schlecht. <b>A.</b> Colonias en PDA después de una semana; <b>B.</b> Microconidias (Calidad fitosanitaria, U.N.A).	93
19	<i>Fusarium solani</i> (Mart) Sacc. <b>A.</b> Colonias en PDA después de una semana; <b>B.</b> Microconidias (Calidad fitosanitaria, U.N.A).	94
20	<i>Colletotrichum graminicola</i> (Cesati) G. W. Wilson. <b>A.</b> Conidias; <b>B.</b> Crecimiento micelial después de una semana en un grano de sorgo rojo (Calidad fitosanitaria, U.N.A).	94
21	<i>Helminthosporium</i> sp. <b>A.</b> Conidioforos pigmentado originando conidias individuales, alargados y con septos transversales; <b>B.</b> Crecimiento micelial después de una semana en un grano de sorgo rojo (Calidad fitosanitaria, U.N.A).	95
22	<i>Mucor</i> sp. Esporangióforos erectos con esporangios esféricos (Calidad fitosanitaria, U.N.A)	95
23	<i>Rhizopus</i> sp. <b>A.</b> Esporangióforos individual con rizoides; <b>B.</b> Crecimiento micelial después de una semana en un grano de sorgo rojo (Calidad fitosanitaria, U.N.A).	96
24	<i>Pseudomonas syringae</i> van Hall. Colonias en Pseudomonas agar a las 48 horas (Calidad fitosanitaria, U.N.A).	96

## **DEDICATORIA**

En primera instancia dedico este trabajo al autor de la vida **DIOS**, por haberme dado la sabiduría, paciencia y toda la fuerza necesaria para lograr culminar este trabajo, ya que él ha sido el creador de la vida y mi mejor amigo que en todo momento ha estado conmigo. Gracias por estar a mi lado.

A mis padres **Francisca Vílchez Salmerón** y **Dr. Róger Matamoros Gómez** quienes han sabido orientarme en mi camino, pues ellos han sido fuente de inspiración y lucha para culminar esta etapa de mi vida.

A mi hermana **Martha Kenia Vílchez** por brindarme su afecto, cariño y apoyo; ya que ha sido partícipe de mis esfuerzos para poder culminar mi carrera universitaria.

A mis abuelos **María de los Santos Salmerón** y **Silvestre Vílchez Lazo (Q.E.P.D)**, a mis tíos y a toda mi familia por todo su apoyo incondicional.

A todos mis compañeros de clases que estuvieron conmigo durante todo el transcurso de la carrera.

**Br. Róger Iván Matamoros Vílchez**

## DEDICATORIA

Existe esperanzas así como metas endebles arraigadas por los sueños, pero las verdaderas metas se logran y nutren en las realidades diarias. La culminación de mis estudios universitarios son el resultado de esa lucha con el apoyo de personas que tengo el privilegio de dedicar este trabajo. Acto que dedico sobre todas las cosas a **DIOS** por su amor infinito, por ser la razón de mi existencia que me ha regalado la vida para aprovecharla a cada instante.

A mis padres **Marcia Miller** y **Rafael Rugama**, quienes han sabido orientarme hacia el camino correcto y apoyado en todo momento, para mi superación como profesional.

A mi abuelo paterno **Juan Rugama**, en quien he tenido los consejos de un amigo.

A mi novia **Marling Sierra**, que siempre ha estado a mi lado apoyándome incondicionalmente con amor y paciencia.

A mis hermanos **Néstor** y **Xochilt Rugama** que me apoyaron y respetaron mis decisiones en todo momento.

A todos mis profesores, amigos y compañeros que aportaron un grano de arena para mi formación, esa mano amiga que todos necesitamos.

**Br. Oliver Rafael Rugama Miller**

## AGRADECIMIENTO

Primeramente damos gracias a **DIOS** por habernos dado la salud, sabiduría, fuerza para ver concluido nuestros estudios.

De manera especial a las personas que nos supieron guiar que con su esfuerzo y dedicación brindaron sus valiosas sugerencias para la elaboración de este trabajo: **Ing. M.Sc. Yanet Gutiérrez Gaitán** e **Ing. M.Sc. Martha Zamora**.

A la **Universidad Nacional Agraria** como *alma mater*, por brindarnos la oportunidad de formarnos como profesionales y en especial al Departamento de Protección Agrícola y Forestal (**DPAF**).

Al proyecto **INTSORMIL** (Internacional Sorghum and Millt Proyect), por el financiamiento que aportó para que se llevara a cabo el estudio.

Al **Ing. Verónica Guevara**, **Ing. Alba de la Llana**, **Prof. Alex Cerrato** del Museo Entomológico y **Tec. Mario Cerna**, quienes contribuyeron de una manera muy especial a la realización de este trabajo.

A nuestros compañeros y todas aquellas personas que de una manera u otra nos brindaron su apoyo en la culminación de este trabajo.

**Br. Róger Iván Matamoros Vílchez**  
**Br. Oliver Rafael Rugama Miller**

La agricultura es la ocupación más propia del sabio, el oficio más adecuado al ignorante y la profesión más digna de todo hombre. **Cicerón**

## RESUMEN

Entre las problemáticas de la producción de sorgo en Nicaragua está el deficiente manejo postcosecha del grano, como consecuencia es afectado por diferentes plagas que dañan su calidad (insectos, hongos y bacterias). Algunos hongos que afectan el grano en campo y almacén son productores de diferentes micotoxinas, causando micotoxicosis (intoxicaciones), mortales para la salud humana y animal. El estudio se realizó con el objetivo de conocer la calidad fitosanitaria y presencia de niveles de aflatoxinas en granos almacenados. Se recolectaron muestras a nivel de empresas e industrias almacenadoras y a nivel de campo. A cada una de las muestras se le realizó análisis organoléptico (olor, temperatura, apariencia); físico (impurezas), entomológico, patológico (hongos y bacterias) y análisis de aflatoxinas por medio del método de minicolumna. Las plagas primarias encontradas en los granos de almacén fueron los géneros: *Rhizopertha dominica* (F.), *Sitophilus oryzae* (L.), las plagas secundarias son: *Tribolium castaneum* (Herbst), *Orizaephilus surinamensis* (L.), *Cryptolestes* sp, además se encontraron insectos depredadores como *Orius* sp. y parasitoides de la familia Bethylidae y Pteromalidae. A nivel de campo el insecto que se encontró con mayor número fue el telarañero del sorgo (*Celama* sp). Los géneros de hongos *Fusarium* spp, *Helminthosporium* sp. y la bacteria *Pseudomonas syringae* ocasionaron los más altos porcentajes de infección en granos de almacén y campo. Se identificaron siete especies de *Aspergillus*, de las cuales las especies *A. flavus* Link y *A. parasiticus* Speare se asocian a la presencia de aflatoxinas; sin embargo, este análisis de aflatoxinas resultó por debajo de 20 partes por billón (ppb).



## I. INTRODUCCION

El cultivo del sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] es originario de las zonas semidesérticas de África y Asia, prospera en suelos arenosos ligeros a arcillosos pesados, por su gran adaptabilidad se puede producir en suelos pobres, pero los rendimientos más altos se obtienen en migajones arenosos y bien drenados (Compton, 1990). Ha sido uno de los alimentos de grano importante en las zonas tropicales, áridas y semiáridas de muchos países del mundo, siendo un cultivo con fuentes principales de energía, proteínas, vitaminas y minerales para millones de habitantes pobres del mundo (FAO, 1995).

En Nicaragua ocupa el 16.9% del área sembrada de los granos básicos, describiéndolo como un cultivo alimenticio de importancia; sustituto del maíz en la alimentación humana y animal. Se siembra en los departamentos de Masaya, León, Chinandega y Managua (INTA, 1999). El 45.5% es utilizado en la industria y el 54.4% para la alimentación humana. Considerado como el cereal que le sigue al maíz (*Zea mayz* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y arroz (*Oryza sativa* L.) ([http// WWW. MAG-FOR .com. ni](http://WWW.MAG-FOR.com.ni)).

En la actualidad este cultivo ha adquirido una gran importancia por su uso en la producción de alimentos concentrados para aves, cerdos y ganado bovino, y para el consumo humano en la elaboración de harinas, panes, rosquillas y tortillas (INTSORMIL, 2005).

El cultivo del sorgo es atacado por plagas insectiles y enfermedades. Estas afectan en campo y en almacén, las que pueden llegar a reducir drásticamente la producción y calidad del grano. Una de las principales preocupaciones durante el almacenamiento son los daños producidos por los insectos, los que destruyen a los granos almacenados ocasionando grandes pérdidas; así mismo están los hongos de almacén que atacan a granos y semillas desarrollándose después de la cosecha, siendo los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* causantes del mayor daño en los granos de sorgo (Moreno, 1988).

Las especies de hongos *Aspergillus flavus* Link y *A parasiticus* Speare producen sustancias tóxicas llamadas micotoxinas (aflatoxinas), las que han sido mayormente estudiadas por su importancia en la contaminación de los granos, ya que son tóxicas para el hombre y los animales. Estas son carcinogénicas, mutagénicas y teratogénicas, siendo el hígado uno de los órganos mas afectados (Moreno, 1988).

\*Entre las principales problemáticas que señalan los productores de sorgo en Nicaragua está la comercialización (bajo precio del maíz amarillo importado); presencia de aflatoxinas y las exigencias de los compradores al solicitar que los granos no sobrepasen más del 2% de infección por hongos en 100 g al observarlo a través de luz ultravioleta.

En la literatura mundial el tema ha sido tratado con mucha importancia; sin embargo, en Nicaragua existen pocos antecedentes sobre este tópico. Altamirano *et. al.*, (1982), realizaron una investigación sobre contaminación por micotoxinas al grano de sorgo nicaragüense y encontraron un alto contenido de aflatoxinas en las muestras.

Ante tal situación, se consideró importante realizar este estudio preliminar descriptivo asociado a los problemas postcosecha y las aflatoxinas en granos de sorgo en diferentes industrias y empresas almacenadoras, así como muestras de campo en el contexto del marco de investigaciones desarrolladas a través del Programa Internacional Colaborativo de Investigación en Sorgo y Mijo (INTSORMIL) y la Universidad Nacional Agraria (U.N.A), para lo cual se plantearon los siguientes objetivos.

---

\* Vargas, F. 2006. Problemática de la producción de sorgo (Entrevista). Asociación Nacional de Productores de Sorgo (ANPROSOR). Managua, Nicaragua.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Generar información respecto a la calidad fitosanitaria y presencia de aflatoxinas en diferentes empresas e industrias almacenadoras y de campo en granos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench].

### **2.2 Objetivos específicos**

- \* Identificar los géneros de insectos que afectan los granos de sorgo en almacén y en campo
  
- \* Identificar los géneros de hongos y bacterias que afectan a los granos de sorgo en almacén y en campo
  
- \* Determinar la presencia de aflatoxinas en muestras de almacén
  
- \* Valorar la calidad fitosanitaria en granos de sorgo en almacén

### **III. REVISION DE LITERATURA**

La conservación adecuada de los granos almacenados en cualquier parte del mundo depende principalmente de la ecología del lugar, del tipo de almacén, tipo y condición de los granos y la duración del almacenamiento.

En regiones tropicales es un problema un tanto complicado y difícil de resolver debido a condiciones ambientales (humedad y temperatura) y otros factores físicos. Siendo estas condiciones un problema, se constituye un factor favorable para el desarrollo de las principales plagas como los insectos y microorganismos (hongos y bacterias) ocasionando daños a los granos almacenados (Ramírez, 1981).

#### **3.1 Insectos**

Los insectos constituyen uno de los grupos más importantes del planeta tierra, componen la mayor parte del reino animal superando los demás reinos. Se han descrito entre 800,000 y un millón de especies teniendo la capacidad de adaptarse a diversas condiciones, encontrándose en cualquier parte del mundo (Landaverde, 2003).

En granos almacenados los insectos son numerosos y posiblemente el factor de deterioro de los mismos al consumirlos directamente, produciendo polvo e inmundicias y ocasionando pérdidas de valor y calidad. Son pequeños, prefieren sitios oscuros, se esconden en grietas muy reducidas y tienen alta capacidad de reproducción.

Las pérdidas de los granos almacenados producidas por insectos son de un 10% en países en desarrollo; sin embargo, en países tropicales se concluye que pueden ser más altas, considerándose para Nicaragua en un 30% sumando daños por hongos e insectos (Landaverde, 2003).

Los insectos que atacan a los granos almacenados se pueden clasificar en primarios (insectos que tienen la capacidad de romper la cubierta externa del grano) y secundarios (insectos que se desarrollan una vez que el grano ha sido dañado por plagas primarias), siendo los órdenes Coleóptero y Lepidóptero los de mayor importancia; en ambos casos el estado de huevo es el más difícil de combatir y el estado larval es el causante del mayor daño en los granos.

### **3.1.1 Plagas primarias**

#### **\*3.1.1.1 Gorgojo del arroz**

El gorgojo del arroz tiene por nombre científico *Sitophilus oryzae* (L.) y pertenece a la familia Curculionidae (picudos) del orden Coleóptero.

**Ciclo de vida.** Los huevos son blancos y ovalados puestos por la hembra dentro del grano. La hembra cava un pequeño hoyo en el grano, oviposita y luego tapa el hoyo con secreciones. Cada hembra pone alrededor de 300 a 400 huevos. Las larvas cavan un túnel adentro del grano y poco a poco comen todo el contenido del grano. Las larvas alcanzan 4 mm, son blancuzcas y sin patas, transformándose en una pupa blancuzca adentro del grano, y luego se torna café, siempre adentro del grano se transforma en adulto. El adulto corta un hoyo circular en el cascarón que queda del grano por el cual emerge.

El ciclo de vida tarda alrededor de 5 semanas (32-35 días) a temperatura de 30° C y 70 % de humedad relativa. Las condiciones óptimas de desarrollo son 27-31° C y más de 60 % de humedad relativa. Debajo de 17° C el desarrollo se interrumpe.

**Daño.** Los adultos ovipositan sobre los granos almacenados y las larvas se desarrollan dentro de estos, mermando el valor comercial de éste por el mal olor y el mal estado en la presentación del grano. Además, si el ataque es fuerte puede realmente bajar el peso de

---

\*<http://www.fao.org/docrep/X50305/X5030S00.htm#contents>

grano, transformándolo en polvo fino que se escapa. La contaminación del grano puede empezar en el campo.

### **3.1.1.2 Pequeño barrenador de los granos**

El pequeño barrenador de los granos tiene por nombre científico *Rhizopertha dominica* (F.) y pertenece a la familia Bostrichidae del orden Coleóptero.

**Ciclo de vida.** Cuerpo de forma cilíndrica, alargado, con la parte posterior redondeada y ligeramente truncada. Cabeza retráctil dentro del protórax. Antenas cuyos tres últimos segmentos son marcadamente más grandes que los demás. Protórax más o menos circular, rugoso debido a la existencia de pequeñas protuberancias. Capaz de volar. Tiene 2,5 a 3 mm de largo y color castaño a café oscuro.

Las hembras depositan de 300 a 400 huevecillos en la superficie de los granos o entre ellos. Al emerger, las larvas que tienen patas, se abren camino hacia el interior de los granos de los cuales se alimentan y generalmente pasan la fase de pupa dentro de los granos. El ciclo completo dura de 4 a 10 semanas. El adulto tiene una longevidad de 4 a 6 meses.

El género *Rhizopertha* se encuentra diseminado por todo el mundo, se reporta que se desarrolla perfectamente en granos secos con contenidos de humedad de grano menores al 12%.

**Daño.** Tanto la larva como el adulto tienen preferencia por los cereales y sus productos. Generalmente no se desarrolla en semillas de oleaginosas y leguminosas como el fríjol.

### **3.1.2 Plagas secundarias**

#### **\*3.1.2.1 Gorgojo castaño de la harina o gorgojo rojo de la harina**

El gorgojo castaño de la harina tiene por nombre científico *Tribolium castaneum* Herbst J. Du. Val y pertenece a la familia Tenebrionidae del orden Coleóptero.

---

\* <http://www.fao.org/docrep/X50305/X5030S00.htm#contents>

**Ciclo de vida.** Se distribuye en regiones tropicales y sub tropicales en climas cálidos. El ciclo de vida se completa en la sexta y octava semana. La hembra adulta ovoposita de 400 a 500 huevecillos, los cuales eclosionan a los 8 a 12 días; las larvas son delgadas y cilíndricas; el adulto llega a vivir de 12 a 18 meses.

Los insectos se alimentan de harina y granos quebrados o partidos y son plagas de importancia en harinas y productos molidos, *T. castaneum* daña granos almacenados en general y es de importancia en el almacenamiento de harina y trigo. Es una plaga secundaria de granos limpios y secos, y primarios de harina de trigo. Su capacidad de volar lo hace más peligroso que *T. confusum*.

**Daño.** Ataca a los granos que han sido dañados ya por otras especies de insectos. Sin embargo, se ha demostrado que puede iniciar el ataque de granos; con frecuencia ataca el germen de los granos, principiando su daño con pequeñas lesiones producidas en ellos. Las harinas fabricadas con granos atacados por estos insectos toman un característico color oscuro y un olor parecido al nabo (Ramírez, 1981).

### **3.1.2.2 Gorgojo dentado de los granos o gorgojo dientes de sierra**

El gorgojo dentado de los granos tiene por nombre científico *Oryzaephilus surinamensis* (L.) y pertenece a la familia Cucujidae del orden Coleóptero.

**Ciclo de vida.** Se desarrolla en climas cálidos y templados. El ciclo de vida se completa de 25 a 30 días dependiendo del ambiente. La hembra ovoposita 200 a 300 huevecillos en grupos de 4 a 5 en un período de diez semanas, las larvas emergen de los 4 a 6 días de la ovoposición con tres pares de patas, de color cremoso. El adulto vive de 3 a 6 semanas, aunque puede llegar a vivir hasta los 3 años, no vuela. Se alimenta de sorgo, maíz y otros cereales. Tanto la larva como el adulto son capaces de dañar productos almacenados con bajo contenido de humedad y con mucho tiempo de almacenamiento (Arias y Dell'Orto, 1985).

**Daño.** Se considera plaga secundaria para granos de cereales enteros y sanos, aunque puede ser una plaga primaria para los productos de la molienda y oleaginosas de endospermo más blando. *O. surinamensis* ataca una gran variedad de productos, llega a alcanzar elevadas poblaciones en trigo almacenado con elevado porcentaje de impurezas, especialmente en los graneros.

### **3.1.2.3 Gorgojo ferruginoso o gorgojo plano de los granos**

El gorgojo ferruginoso tiene por nombre científico *Cryptolestes* sp. y pertenece a la familia Cucujidae del orden Coleóptero.

**Ciclo de vida.** Son los insectos más pequeños que atacan granos almacenados. Son comunes en granos con elevadas temperatura. Su cuerpo es aplanado con una cabeza provista de antenas largas y filiformes, generalmente de longitud mayor a la mitad del cuerpo y dispuestas hacia adelante.

El protórax es más ancho en el frente que en la base. Las especies de este género son muy similares en cuanto a forma y hábitos, siendo capaces de volar. Los adultos miden de 1,3 a 4.0 mm de longitud y tiene un color castaño claro.

La hembra deposita sus huevecillos encima de los productos o en las grietas de los granos. Las larvas son largas, delgadas y de color pajizo con dos puntas en forma de diente; cuando alcanzan su máximo desarrollo, hilan un capullo donde se transforman en pupa. El ciclo de huevo a adulto demora aproximadamente 23 días. El adulto vive de 6 a 9 meses y tienen amplia distribución a nivel mundial.

**Daño.** Se considera una plaga secundaria en granos enteros y en productos de la molienda que están sanos y secos. Su presencia en granos puede ser indicativo que éste tiene problemas de temperaturas elevadas, exceso de humedad o presencia de otros insectos y hongos.



Son insectos que se alimentan de productos en descomposición. Frecuentemente infestan los granos y alimentos que están en malas condiciones. Proliferan rápidamente en productos con granos partidos, elevado contenido de impurezas y granos con alto contenido de humedad o que ya están infestados por otros insectos. Como alimento prefieren al embrión de los granos en vez del endospermo y son comunes en granos con temperaturas elevadas.

Atacan todos los granos y productos molidos, pellets de afrecho y alfalfa donde hay desarrollo fungoso (Arias y Dell'Orto, 1985).

#### **3.1.2.4 Telarañero del sorgo**

El telarañero del sorgo tiene por nombre científico *Celama* sp. y pertenece a la familia Nolidae del orden Lepidóptero.

**Ciclo de vida.** Ponen alrededor de 100 huevos, de uno en uno en panículas que están madurando. Son redondos, ovals, anchos y achatado dorso centralmente; con un tamaño de 0.46-0.26 mm de alto. Son blancos, tornándose amarillos oscuro a pardos de 3-4 días antes de emerger.

Las larvas son blancas cremosas de 12 mm algo aplanadas con 4 bandas dorsales longitudinales, rojizas, y tubérculos como verrugas cubiertas con pelos. Las pupas son de color pardo rojizo, delgadas y subcilíndricas que dura 6 días, encontrándose en la panícula del sorgo.

Los adultos son una mariposa con una envergadura de 16 mm de longitud con alas delanteras blancuzcas con parches de escamas más oscuras. Estas viven 5 días y son activas durante la noche (Tetes, 1983).

**Daño.** Las larvas dañan las panículas que están madurando, alimentándose de la semilla y entretejiéndolas con sedas y excrementos (Saunders, 1998).

### **3.1.3 Generalidades de un insecto controlador natural encontrado en granos almacenados**

#### **3.1.3.1 *Orius* sp (Hemiptera: Anthocoridae)**

**\*Descripción.** Es un depredador polífago que se alimenta de varias presas como trips, ninfas de áfidos, moscas blancas y saltahojas, ácaros, huevos y larvas pequeñas de plagas lepidópteros y otras especies dentro de varios órdenes de insectos.

#### **Ciclo de vida**

**\*Huevos.** Son de forma subcilíndrica, con una longitud de 0,47 y 0,17 mm de ancho, presentando en uno de sus extremos un área redondeada con bordes salientes en forma de una tapa que mide 0,10 mm de diámetro. Dicha área es conocida como opérculo, la cual generalmente sobresale del tejido vegetal y a través de ella emerge el primer instar ninfal. El huevo es extraordinariamente grande en comparación con el tamaño del adulto. El integumento es liso y translúcido. A medida que el embrión se desarrolla, el color del huevo se torna rojo. Los huevos eclosionan al cabo de 3 ó 4 días, dependiendo de la temperatura. Son colocados en forma aislada o en masas pequeñas dentro del tejido vegetal.

**Ninfa.** Pasa a través de 5 instares ninfales y el tiempo de desarrollo total desde huevo hasta adulto varía entre 11 y 18 días, siendo el promedio 15, consumiendo 17 días en su desarrollo hasta adulto y 21 días desde la deposición del huevo hasta alcanzar la fase de imago. Por otra parte las ninfas en sus primeros instares se alimentan primordialmente de material vegetal; sin embargo, en los 2 últimos instares consumen alimento animal (huevos, ninfas, larvas pequeñas, etc).

---

\* [http://www.redpav-fpolar.info.ve/agrotrop/v45\\_4/v454a110.html](http://www.redpav-fpolar.info.ve/agrotrop/v45_4/v454a110.html)

**Adultos.** Son pequeños con longitud 2 mm, negros con marcas blancas. La porción alargada, engrosada, de las alas anteriores es blanco amarillento y marcada con una mancha triangular negra grande en la punta, la parte membranosa del ala es blanca (Tetes, 1983).

### **3.2 Hongos**

Los microorganismos son otro grupo de agentes biológicos que dañan o deterioran productos alimenticios almacenados, descomponiendo los productos y produciendo cambios en ellos que llevan a deteriorar la calidad nutritiva, y su atractivo por la descomposición.

Los granos almacenados son vulnerables a los microorganismos los cuales crecen y se reproducen en todo tipo de alimentos cuando hay una adecuada humedad en el aire y los granos. En general los microorganismos son los segundos en importancia después de los insectos, siendo los hongos y las bacterias los responsables de dicho daño (Schneider, 1995). Estos también producen toxinas (Micotoxinas) que afectan la salud animal y del hombre (Landaverde, 2003).

#### **3.2.1 Aspergillus Mich.: Fr.**

Las colonias usualmente crecen rápidamente, presentan diferentes coloraciones como blancas, amarillas, amarillas- café, café a negra o transparente con verde, en su mayor parte consiste en un denso fieltro con conidioforos erecto. Presentan conidióforos sin ramificación con una punta inflada llamada vesícula. Las fialides crecen directamente en la vesícula (unicerial) o sobre la metulae (viserial). La vesícula, fialides, metulae (presentes) y conidias forman la cabeza conidial. Las conidias en cadenas secas forman columnas compactas (columnar) o divergido (radiadas). Algunas especies pueden producir células Hulle (sencillas o en cadenas, pared celular gruesa y suave) u esclerocio (firme, usualmente globoso, masas de hifas). Algunas especies de *Aspergillus* son contaminantes común en varios substratos.

En regiones tropicales y sub-tropicales su ocurrencia es más común que la de *Penicillium*. Varias especies tienen atrayentes atención a causa de su habilidad de producir toxinas metabólicas. Otras especies son importantes por su rol en la fermentación de orientar productos alimenticios o aplicación industrial en la producción de ácidos orgánicos o enzimas (Samson and; Reenen-Hoekstra, 1988).

### **3.2.1.1 *Aspergillus flavus* Link**

Las colonias en CZAPEK agar a 25°C alcanzan un diámetro de 3 -5 cm dentro de 7 días, el conidióforo usualmente consiste en un denso fieltro (conglomeración) amarillo-verde. Las cabezas conidiales son típicamente radiadas, dividiéndose en varias columnas sueltas de color amarillo-verde transformándose en amarillo verde-oscuro. Los conidióforos son hialinos, gruesos y ásperos hasta 2.5 mm de largo. La vesícula es globosa o sub globosa con un diámetro de 25-45 µm. Las fialides nacen directamente de la vesícula o de la metulae con un diámetro de 6-10 x 4.0-5.5 µm y la metulae con 6.5-10 x 3-5 µm. Sus Conidias tienen forma globosa o subglobosa con un diámetro de 3.6 µm, de color verdes pálidas visiblemente equinuladas (Samson and; Reenen-Hoekstra, 1988).

Presenta esterigmas en una o dos series, predominando la de dos series (Moreno y Gutiérrez, 1991) (Foto 9). Esta especie produce aflatoxinas, metabolitos altamente tóxicos, cancerígenos y teratógenos, siendo la aflatoxina B1 la más potente y activa (Moreno, 1988).

### **3.2.1.2 *Aspergillus fumigatus* Fres**

Las colonias en CZAPEK agar a 25°C alcanzan un diámetro de 3 -5 cm dentro de 7 días, su conidióforo usualmente consiste en un denso fieltro o verde oscuro entremezclado con hifas aéreas sosteniendo conidióforos. La cabeza conidial es típicamente columnar con conidióforos cortos, pared-suave particularmente en la parte superior.

La vesícula es ancha en forma de maza de 20-30  $\mu\text{m}$  de diámetro. Las fialides nacen directamente de la vesícula, a menudo de color verde con un diámetro de 6-8 X 2-3  $\mu\text{m}$ . Las conidias tienen forma globosa o subglobosa con un diámetro de 2.5-3.0  $\mu\text{m}$  de color verde, pared áspera o equinuladas (Samson; Reenen-Hoekstra, 1988) (Foto 10).

Este hongo causa la enfermedad conocida como aspergilosis en el hombre y animales infectando los pulmones. Además produce las micotoxinas como: viriditoxina, gliotoxina y fumagilina. En ganado vacuno causa abortos. Para crecer requiere que los productos (granos) tengan contenido de humedad en equilibrio con humedades relativas de 95-100% (actividad de agua 0.95-1.0).

Prácticamente requiere agua libre, condición que solo se encuentra en productos en avanzado estado de deterioro. No es un microorganismo xerófilo, por lo que no crece fácilmente en medio con alto contenido de sal o sacarosa (Moreno, 1988).

**Nota:** Esta especie es capaz de crecer a altas temperaturas (arriba de 55°C) y es un contaminante común.

### **3.2.1.3 *Aspergillus niger* van Tieghem**

Las colonias en CZAPEK agar a 25°C alcanzan un diámetro de 4-5 cm dentro de 7 días, su conidióforo es compacto blanco o amarillo aglomerado con una densa capa de café oscuro con negro. Tiene una cabeza conidial radiada, tendiéndose a dividir en columnas libres con la edad. Su conidióforo (tallo) es de pared suave, hialinos pero frecuentemente a veces es de color café. La vesícula es de forma globosa o sub globosa con un diámetro de 50-100  $\mu\text{m}$ . Las fialides crecen de la metulae con longitud de 7.0 -9.5 x 3-4  $\mu\text{m}$ . La metulae es hialino, de color café, a menudo es septados con una longitud de 15-25 x 4.5-6.0  $\mu\text{m}$ . Las conidias son de forma globosa o sub globosa con un diámetro de 3.5-5  $\mu\text{m}$ , de color café con ornamentaciones e irregularidades (verrugosa), espinadas y arrugadas. (Samson; Reenen-Hoekstra, 1988) (Foto 11).

Este microorganismo coloniza productos que se encuentran en avanzado estado de deterioro. Requiere que los productos tengan contenido de humedad en equilibrio con humedades relativas de 90–95% (actividad de agua 0.90-0.959). Cuando se le aísla de granos que han estado almacenados con contenidos de humedad de 13 a 18%, lo más probable es que sean contaminaciones del medio ambiente o que la desinfección superficial de los granos fue inefectiva. No se considera hongo toxígeno aun cuando bajo condiciones de laboratorio produce ácido oxálico y malformina que son tóxicos (Moreno, 1988).

**Nota:** Esta especie es un contaminante común en varios substratos.

#### **3.2.1.4 *Aspergillus parasiticus* Speare**

Las colonias en CZAPEK agar a 25°C alcanzan un diámetro de 2.5 -3.5 cm dentro de 7 días, su conidióforo usualmente consiste en un denso fieltro de color verde con cabeza conidial radiada. El conidióforo tiene en su mayor parte 300-700  $\mu\text{m}$  de largo, hialinos y con pared áspera. La vesícula tiene forma sub globosa con un diámetro de 20-35  $\mu\text{m}$ . Las fialides usualmente nacen de la vesícula con una longitud de 7-9 x 3-4  $\mu\text{m}$ , hialinos a pálidas verdes. Las conidias tiene forma globosa con un diámetro de 3.5-5.5  $\mu\text{m}$  de color amarillas verdes, visiblemente con una pared áspera (Samson; Reenen-Hoekstra, 1988). Presenta esterigmas en una serie (Moreno y Gutiérrez, 1991) (Foto 12).

Algunas de sus cepas son productoras de aflatoxinas, sustancias que son considerada carcinógenas, las más potentes hasta ahora conocidas (Moreno, 1988).

#### **3.2.1.5 *Aspergillus terreus* Thom**

Las colonias en CZAPEK agar a 25°C alcanzan un diámetro de 3.5-5.0 cm dentro de 7 días, su conidióforo consiste en un denso fieltro de color amarillo café entrando a oscuro con la edad.

Su cabeza conidial es de forma compacta y columnar en su mayor parte con un diámetro de 150-500 x 30-50  $\mu\text{m}$ . El conidióforo es hialino y de pared suave. La vesícula es de forma sub globosa con un diámetro de 10-20  $\mu\text{m}$ . Las fialides nacen de la metulae con una longitud de 5-7 x 2.0-2.5  $\mu\text{m}$ . Las conidias de forma globosa o elipsoidal con un diámetro de 1.5-2.5  $\mu\text{m}$ , hialino y ligeramente amarillo (Samson; Reenen-Hoekstra, 1988) (Foto 13).

#### **3.2.1.6 *Aspergillus ustus* (Bain.) Thom and Church**

Las colonias en CZAPEK agar a 25°C alcanzan un diámetro de 4.5-6.0 cm dentro de 7 días, primeramente con coloración blancas o cremosas a pálido amarillo, luego brillante a oscuro parduzco o gris olivo.

La cabeza conidial en forma radiada, usualmente dividiéndose mas o menos en una fuente de columnas con la edad, es variable en tamaño con un diámetro de 100-125  $\mu\text{m}$ . Su conidióforo surge de la sumergencia de hifas, con un largo 3.0 -6.0  $\mu\text{m}$  frecuentemente corto, los conidióforos nacen en micelio arial de color café. La vesícula es de forma hemisferial o subglobosa, con un diámetro de 7.0-15  $\mu\text{m}$ . Las fialides nacen de la metulae con una longitud 4-7 x 3-4.0  $\mu\text{m}$ , metulae 5-7 x 2.5-3.0  $\mu\text{m}$ . Las conidia de forma globosa, con un diámetro 3.0-4.5  $\mu\text{m}$  con apariencia áspera y equinulada, frecuentemente produce células hulle, son irregular en tamaño, en forma de serpentina o helicoidal (Samson; Reenen-Hoekstra, 1988) (Foto 14).

#### **3.2.1.7 *Aspergillus wentii* Wehmer**

Las colonias en CZAPEK agar a 25°C crecen estrictamente alcanzando un diámetro de 2-3.5 cm en 7 días, usualmente algo velludo, la cabeza conidial de color amarilla-café oscura con la edad, de forma larga, globosa y radiada con un diámetro de 500  $\mu\text{m}$ . Los conidióforos son altos con un largo de 10-25  $\mu\text{m}$  y coloridos.

La vesícula de forma globosa con un diámetro de 80  $\mu\text{m}$ . Las filalides crecen de la metulae con una longitud de 10-20\*3-5  $\mu\text{m}$  y la metulae con una longitud 6-8 x 2.5-3.5  $\mu\text{m}$ .

Las conidias primeramente tiene forma elipsoidal algunas son subglobosas o globosas de color amarillas-café con un diámetro de 4.5-5.0 (6.0)  $\mu\text{m}$  de apariencia áspera (Samson; Reenen-Hoekstra, 1988) (Foto 15).

### **3.2.2 Penicillium Link: Fr**

Las colonias usualmente crecen rápidamente de color verde y algunas veces blancas, en su mayor parte consiste en un denso fieltro en conidióforo. El conidióforo es sencillo o atado (synnematosus) consistiendo en un sencillo tallo terminando en un verticilio o fialides (monoverticiliado). Los penicillium contienen ramificaciones y metulae (penúltima ramificación que sostiene los verticilio o fialides). Todas las células entre las metulae (son referidas a medida que se ramifica), muestran ramificaciones biverticiliadas (una etapa ramificada), terverticiliada (dos etapas ramificadas) o quaterverticiliada (tres o más etapas ramificadas).

Los conidióforos surgen del substrato (terciopelado) en forma de hifas aerias, con hifas atadas (finiculosas) o erectas indefinidamente o compactas atando hifas (fasciculada o synnematosus). Los conidióforos son hialinos, suave y con pared áspera. Las fialides son usualmente en forma de frasco consistiendo en una parte basal cilíndrica y un cuello distinto lanceolado. Las conidias se forman en cadenas largas que divergen en una columna globosa, elipsoidal, cilíndrica o fusiforme, hialinas verdosas, suaves y con pared rugosa. Algunas especies producen esclerocio y muchas son contaminantes común en varios substratos y conocidas como productoras de micotoxinas (Samson; Reenen-Hoekstra, 1988).



### **3.2.2.1 *Penicillium camemberti* Thom**

Las colonias en CZAPEK agar a 25°C crecen lentamente alcanzando un diámetro de 2 a 3.5 cm dentro de dos semanas consistiendo con un micelio arial veloso, que usualmente sobresale a 1 cm de alto, primeramente son de color blancas y ramificadas cambiando a amarillo, rosado o un gris verdoso. Presentan un exudado de colores. Los conidogenos estructurados surgiendo del hundimiento (sumergir) de hifas, ocasionalmente de hifas arial. El conidióforo tiene una longitud de 500 µm y 2.5-4.5 µm de ancho, en su mayor parte es bi o tiverticiliado con pared áspera raras veces de pared suave. La metulae tienen una longitud de 8-14 x 2.5 a 3.0 µm, sobresaliendo de 3 a 6 fialides. Las fialides presentan forma de frasco con cuello corto con una longitud de 10-13 x 2.5 µm. Las conidias se mezclan en cadenas con forma globosas o subglobosas y anchamente elipsoidal con un diámetro 4.0-5.0 x 3.0-4.5 µm, hialinas o ligeramente verdosas (Samson; Reenen-Hoekstra, 1988) (Foto 16).

### **3.2.3 *Fusarium* Link: Fr**

Las colonias usualmente crecen rápidamente descoloridas (blanquecinas o cremas) o color claro amarillo, cafesusco, rosado, rojizo, violeta o lila transparente. El Micelio arial es aglomerado, difuso o liso y esporodoquio esporulando.

Los conidióforos son usualmente bifurcados (ramificados), en algunas especies se reduce a fialides sencillas, algunas veces hay formaciones complejas de pústula (esporodoquio) o forman una confluyente masa viscosa de esporas con una apariencia grasienta (pionnotes). Las Fialides son frecuentemente pequeñas y ahusadas. Las conidias pueden tener cabeza falsa limosa con una capa viscosa sobre el substrato (pionnotes), en forma de cadenas o masas secas.

Presenta dos tipos de conidias que pueden ser distinguidas fácilmente:

Macroconidia: Uno o mas septos, fusiforme en forma de regadera.

Microconidia: Usualmente una célula, periforme y ovoide, recta o curvada, siempre crecen cerca del micelio arial.

En algunas especies ambas formas pueden observarse, en otras especie solo las macroconidias. Las clamidiosporas pueden estar presentes o ausentes, intercalada, solitaria, en cadenas y racimos, formando hifas o conidias. El esclerocio puede estar presente o ausente (Samson; Reenen-Hoekstra, 1988).

### **3.2.3.1 *Fusarium oxysporum* Schlecht**

El micelio es aéreo claro o velludo comenzando a aglomerarse de color blanquecino o durazno, usualmente con un púrpura o violeta teñido más intenso hacia el medio. Al reverso tiene un color púrpura transparente. Las micro conidias generalmente son abundante, en su mayor parte nace cortos (algo reducidas) con fialides laterales o de conidióforos esparcidos, nunca forma cadenas, por lo común no tienen septos y presentan forma elipsoidal o cilíndrica, recta o frecuentemente curvadas con un diámetro de 5-12 x 2.2-3.5  $\mu\text{m}$ . Las macro conidia son esparcidas y algunas deformes, nacen de las fialides, encima de conidioforos ramificados o en esporodoquio; 3-5 septos, presentando forma fusiforme, mas o menos curvadas, ambas puntiagudas al final con un pedúnculo basal de célula, usualmente 3 septos, (20)27-46(60) x 3-4.5(5)  $\mu\text{m}$ . Las clamidiosporas en hifas o en conidias, hialinas con pared suave o áspera en forma (sub)globosa con un diámetro de 5-15  $\mu\text{m}$ , estas se presentan en terminal, intercalada, en cadenas, en pares o sencillas (Foto 18).

La temperatura óptima para su desarrollo es 25-30 °C, mínimo 5 °C; máximo a 37 °C o bajo (Samson; Reenen-Hoekstra, 1988).

**Nota:** *F. oxysporum* es una de las especies mas importante económicamente de este género, pero uno de los mas variables.

### 3.2.3.2 *Fusarium solani* (Mart) Sacc

El micelio es aéreo claro o denso y velludo, algunas veces correoso, grisáceo-blanco, crema, conidial limoso formando un esporodoquio o pionnotes. Del agar emerge algunas veces de color verde o azulado-café. Las micro conidia usualmente son abundante, de forma ovoide o oblongo, 0-1 septos, 8-16(24) x 2-4(5)  $\mu\text{m}$ , el conidióforo en forma alargada y algunas veces verticiliado. Las macro conidia formando múltiples ramificaciones en conidióforo cuales forman esporodoquio, 3(-5) septos (usualmente 3 septos) de forma fusiforme, cilíndrica, a menudo curvada, 27-52(65) x 4.4-6.8  $\mu\text{m}$ , con un indistintivo pedúnculo. Célula apical. Las clamidiosporas son hialinas, pared suave o rugosa, globosa a ovoide, 9-12 x 8-10  $\mu\text{m}$ , se presentan en hifas, células conidial, ocho terminal, sobre lateral ramificado, intercalado o en cadenas (Foto 19). Temperatura: optima 27-31 °C; máximo 37 °C (Samson; Reenen-Hoekstra, 1988).

**Nota:** Causa micotoxicosis en humano y animales.

### 3.2.3.3 *Fusarium roseum* Schwabe

Las colonias de *F. roseum* en el medio PDA, con o sin acidificar crecen rápidamente de color rosa, rosa pálido, rosa gris, rojo o café, carmín y en ocasiones amarillo, presentando abundante micelio blanco con apariencia algodonosa y en poco días al reverso de la colonia presenta un color rojo brillante en el agar (Moreno, 1988).

Presenta clamidiosporas, macroconidias en forma de aguja, delicadas (Finas) de 4-5 septos, conidioforo ramificado y sin ramificaciones (Monofialides), Microconidias ausentes (*Discolor & roseum*. En.: Fusarium 2003) (Foto 17).

**Nota:** Este hongo produce la micotoxina zearalenona, que causa infertilidad, aborto y desorden en los órganos reproductores de los cerdos.

### 3.2.4 Antracnosis

La antracnosis producida en sorgo tiene por nombre científico *Colletotrichum graminicola* (Cesati) G. W. Wilson y pertenece a la clase de los Deuteromycetes del orden Melanconiales y familia Melanconiaceae.

**Descripción.** Este hongo produce conidias hialinas, unicelulares, ligeramente curvadas y con un extremo más redondeado que el otro, con dimensiones de 16 y 40 micras de largo, y de 4 a 8 micras de ancho (Foto: 20 A). Las conidias son portadas en la parte vical del conidióforo los cuales se producen en acérvulos; estos producen pelos estériles denominados setas que miden de 100 a 140 micras de longitud y 4 micras de ancho. La presencia de estas setas se puede confirmar con la ayuda de una lupa o estereoscopio para facilitar su diagnóstico (Foto: 20 B). (Castaño-Zapata, 1994). Este patógeno ataca los tallos, hojas y panícula en las plantas.

### 3.2.5 Raya fuliginosa

La raya fuliginosa producida en sorgo tiene por nombre científico *Ramulispora sorghi* (Ell. & Ev.) Olive & Lefebvre. Se da en el sorgo durante toda la etapa de desarrollo (plantas con panojas) a través de la maduración.

**Descripción.** En las láminas de las hojas los síntomas inician con una mancha pequeña, de forma circular de color café rojizo o manchas canelas con un halo amarillo.

El micelio es septado, hialino, Inter e intracelular tornando aun plateado café, bifurcados (Ramificados) con un diámetro de 3.5µm. El conidióforo es hialino o ligeramente de color gris oscuro (Esporodoquio), estos emergen por medio de estomas. Las conidias son nacidas individualmente de la punta de los conidióforos. Muchas conidias de cada esporodoquio agregan una masa gelatinosa.

La conidia tiene un diámetro de 2-3 x 36-90  $\mu\text{m}$ , con estructura filiforme, curvadas, piramidales al final, hialinas y tiene 3-8 septas y 1-3 laterales, septados o no septados bifurcalmente. Suave, cubierto, tuberculado, esclerosis Los esclerocio son fijos a los subestomas estromas por columnas estrechas de hifa negros aparecen superficialmente en lesiones y independientemente o por esclerotización o esporodoquio. esclerótica estas pasan sobre los estomas. Luego, los esclerocios germinan por producir esporodoquio y conidia.

El patógeno sobrevive como esclerocio en residuos de hojas o debajo de la superficie del suelo (Frederiksen and Odvody, 2000).

### **3.3 Bacterias**

Las bacterias son organismos unicelulares que se multiplican por división celular, de tamaño variable, pueden tener forma esférica, de bastón o de espiral. También constituyen los seres vivos más pequeños y simples de los conocidos por el hombre (a excepción de los virus, si se les considera como organismos) (Fernández, 1985).

#### **3.3.1 Mancha bacterial de la hoja**

La mancha bacterial de la hoja en sorgo es causada por *Pseudomonas syringae* van Hall, pertenece al grupo de las varillas y cocos, aeróbicos, gram negativas del orden Eubacterales y familia Pseudomonadaceae.

**Descripción.** Numerosas monocotiledóneas y dicotiledóneas son susceptibles a *Pseudomona syringae* van Hall, la cual causa numerosas enfermedades en las plantas con diversos síntomas, incluyendo marchitamiento vascular, tallos necróticos, pudriciones blandas, mancha foliar, tumores y agallas (Schaad, 1980).

La mancha bacteriana de la hoja son lesiones usualmente pequeñas (varios milímetros), cilíndricas y agrupadas, formando grandes áreas necróticas. Las lesiones tienen un centro con márgenes oscuros.

La célula patógena (0.7-1.2 x 1.5-3.0  $\mu\text{m}$ ) son en forma de varillas con exaltaciones al final, gram negativas, catalasa positiva, móviles con múltiples flagelaciones polares. Una fluorescencia difusible pigmentada es producida en medio B de King's. Las colonias son elevadas, suaves y brillantes de color gris claro cuando le refleja la luz (Foto: 24) y verdosa fluorescentes (Frederiksen y Advody, 2000).

\*Inocular la bacteria en plantas para ver las manchas acuosas, síntomas en diferentes partes de la hoja, irregularidades que luego se tornarán necróticas de color marrón.

### 3.4 Micotoxinas

Los granos almacenados son invadidos por muchos hongos que causan diferentes problemas como la reducción de la viabilidad de los granos, la calidad nutricional y sanitaria. Estos producen sustancias tóxicas llamadas micotoxinas, siendo las aflatoxinas una de las toxinas más peligrosas; ya que son carcinógenas, teratógenas y mutágenas, el hígado es el órgano más afectado. Las aflatoxinas son producidas únicamente por *A. flavus* Link y *A. parasiticus* Speare (Anexo 4) (Moreno, 1988).

Las principales aflatoxinas producidas por *A. flavus* Link y *A. parasiticus* Speare son B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> y G<sub>2</sub> siendo la B<sub>1</sub> la más potente. Las aflatoxinas B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub> cuando son ingeridas por animales en lactancia son excretadas en la leche en formas alteradas pero aun tóxicas, conocidas como M<sub>1</sub> y M<sub>2</sub> (Moreno, 1988).

---

\* Guevara, V. 2005. Bacterias Fitopatogenas (Comunicación personal). Docente del Departamento de Protección Agrícola y Forestal (DPAF), Universidad Nacional Agraria (U.N.A). Managua, Nicaragua.

La producción de las aflatoxinas depende de la cepa del hongo, el sustrato, contenido de humedad, temperatura y microflora asociada (Moreno y Gutiérrez, 1991).

Según Moreno y Gutiérrez (1991), las condiciones para la producción de aflatoxinas están dada cuando el contenido humedad del grano es de 16.5-18.0 % y la temperatura este entre 25 y 35°C.

Para cuantificar y analizar el contenido de aflatoxinas en los granos actualmente se llevan a cabo tres tipos de pruebas como las pruebas presuntivas que se realizan en campo y determina si se debe analizar cuantitativamente la muestra, las pruebas rápidas de escrutinio que definen la presencia o ausencia de aflatoxinas y los métodos analíticos que determinan el nivel de contaminación de las muestras de granos.

## IV. MATERIALES Y METODOS

### 4.1 Localización del estudio

El estudio se realizó en el período comprendido de abril a noviembre 2005, el cual consistió en la recolección de muestras de granos de sorgo en almacén y campo de producción comercial, para realizarle análisis fitosanitario y niveles de aflatoxinas. En el cuadro 1 se presenta las empresas e industrias almacenadoras y fincas donde se realizaron los muestreos.

Cuadro 1. Empresas e Industrias Almacenadoras y campos de producción comercial donde se realizaron muestreos de granos de sorgo, 2005

<b>Empresas, industrias y fincas</b>	<b>Siglas</b>	<b>Ubicación</b>
Nutrientes para animales, S. A.	MEBASA	Km 32 ½ carretera Masaya – Catarina.
Empresa Nicaragüense de Alimentos Básicos.	ENABAS	Km 1½ frente a Cervecería Victoria carretera norte Managua.
Industrias Avícolas Integradas, S. A.	INDAVINSA	Km 127 carretera León-Chinandega.
Servicios Comerciales y Agrícolas de Occidente, S. A.	SERCOSA	Km 136 carretera Chinandega-Somotillo.
Molinos de Nicaragua, S. A.	MONISA	Granada, Parque Sandino 300 vr al Este.
El Paraíso (José Barcenás)	_____	Km 38 carretera Masaya-Tipitapa, comarca Guanacastillo (época de primera y postrera).
San Isidro (Enrique Saravia)	_____	Chinandega, Villa 15 de julio (época de postrera).

Los análisis fitosanitarios fueron realizados en los laboratorios de Micología, Microbiología y el Museo Entomológico de la Universidad Nacional Agraria (U.N.A –Managua, Km 12 ½ Carretera Norte). El análisis de aflatoxinas se realizó en el laboratorio Medico-Químico Dr. Bengoechea, ubicado en el Km 5 ¾ Carretera Masaya.



## **4.2 Toma de muestra**

La toma de muestra se realizó siguiendo la metodología del manual de manejo post-cosecha de granos a nivel rural, el cual considera el número de sacos a muestrear. La muestra fue extraída de una cantidad de 10-100 sacos, donde se tomaron 10 sacos al azar; con un calador o muestreador simple, el cual se introdujo de abajo hacia arriba con un movimiento de “vaivén” para hacer más fácil la salida del grano. Se tomo una muestra de 2-5 kg (FAO, 1993).

El muestreo de granos almacenados en silos se realizó en 5 puntos, uno de los cuales se ubicó en el centro del silo. Las muestras se obtuvieron con un muestreador compuesto o sonda de alvéolos, el cual se utiliza para recolectar muestras en camiones graneleros, silos y bodegas. Las muestras fueron tomadas hasta un metro de profundidad con la sonda. Se consideró la circulación del producto obteniendo sub-muestras a medida que se descargó y se volvió a cargar el silo.

Al realizar el muestreo se levantó una encuesta a las empresas e industrias almacenadoras de granos de sorgo tomando datos de ubicación de las empresas e industrias, formas de almacenamiento, color de grano, cantidad almacenada y productos químicos que utiliza (Anexo 5). Luego las muestras fueron colectadas en bolsas plásticas de polietileno identificándolas correctamente con datos como la fecha de recolección, procedencia de la muestra y color del grano.

Colectadas las muestras se conformó una muestra compuesta por cada empresa y campo de producción comercial aproximadamente de 2-5 kg, la cual se le realizó el análisis organoléptico, en el que se determinó olor, temperatura y apariencia. Seguido la muestra fue homogenizada y se extrajo una muestra limpia de 1 kg, las que se pasaron por panas cribas para detectar impurezas y materias extrañas. Para medir la humedad del grano se tomó de la muestra de trabajo 250 g (Anexo 6).

### **4.3 Análisis de muestras**

#### **4.3.1 Análisis organoléptico**

Este análisis consistió en la evaluación de la calidad del producto por medio de los sentidos: el olfato, tacto y vista. El olor como indicador importante de la presencia de hongos en el grano así como de ciertos insectos. Este puede tener olores fermentados, a pesticidas, hongos y otros.

Con el tacto se indicó la temperatura del grano, pero se confirmó con un termómetro digital y con la vista se analizó la condición de la muestra como presencia de impurezas, materias extrañas, insectos vivos y muertos, excremento de roedores.

#### **4.3.2 Homogenización**

Consistió en mezclar cada muestra de 2-5 kg para distribuir uniformemente todo los atributos de calidad y evaluarla. Se realizó por medio de un homogenizador divisor tipo Boerner. Conformada la muestra se depositaron los granos en el homogenizador que consiste en una tolva receptora en forma de cono invertido comunicada a la base del cono a una válvula que permite el paso del grano hacia una corona divisora de 36 a 72 celdillas que dividen a la muestra en partes iguales derivándolas a unas bandejas cónicas donde finalmente se decepcionaron los granos

#### **4.3.3 Determinación de impurezas (Análisis físico)**

Se determinó en 1 kg de granos, usando panas cribas 5/64 (0.2mm) de orificio triangular; que es el específico para granos de sorgo y una pana ciega colocada debajo de la pana de orificio triangular para recolectar las impurezas y tomar su peso.

#### **4.3.4 Humedad de grano**

Una vez homogenizada se peso una muestra de 250 g a través de una bascula granataria (Ohaus), a la cual se le tomó humedad a través de un medidor del contenido de humedad de granos (Motomco-919).

#### **4.4 Análisis fitosanitario**

El análisis fitosanitario consistió en la toma de 400 granos al azar de la muestra de trabajo de 1 kg, según las reglas internacionales de la Asociación Internacional de Análisis de Semilla (ISTA, 1996).

##### **4.4.1 Análisis entomológico**

El análisis entomológico en granos se realizó en dos etapas: durante la determinación de impurezas, la cual consistió en el conteo del número de insectos vivos y muertos; que se observaron en la pana ciega. Se reportó el número de insectos y su respectiva identificación, así como la descripción de su importancia. El segundo análisis se realizó en 400 granos. Se evaluó el número de insectos adultos y estados inmaduros. El conteo se realizó cada ocho días en 400 granos e impurezas de cada muestra.

Se identificó los insectos presentes en las muestras, las que permanecieron en observación durante toda la fase de laboratorio para permitir la eclosión de posibles posturas de insectos adultos. Para su respectiva identificación, se utilizó claves taxonómicas y referencias bibliográficas.

## **4.4.2 Análisis patológico**

### **4.4.2.1 Hongos**

Este análisis consistió en una muestra de 400 granos de sorgo tomados de la muestra limpia para cada empresa e industria almacenadora y fincas productoras. Se utilizó el método de cámara húmeda.

Este consistió en desinfectar la muestra en alcohol al 70% por 2 minutos; luego se secaron con papel filtro esterilizado y se depositaron 100 granos en cada caja previamente desinfectada, utilizando como sustrato papel filtro esterilizado humedecido con agua destilada. Se incubó por siete días a una temperatura promedio de 22 °C, alternando 12 horas de oscuridad y 12 horas de luz (ISTA, 1996).

Se evaluó el porcentaje de granos infectados con crecimiento micelial. Se identificó géneros de hongos usando claves taxonómicas según Barnet y Hunter (1998).

### **4.4.2.2 Bacterias**

Se utilizó el método de siembra del grano en medio general para bacterias en Agar Nutritivo (A.N), igual que en los análisis antes descritos la muestra consistió en 400 granos de la muestra limpia para cada empresa e industria almacenadora y fincas productoras. El material utilizado se desinfecto en alcohol al 70% por 2 minutos. Luego se procedió a secarlas con papel filtro y sembrarlas en platos petri con A.N; después de 48 hrs se determinó el porcentaje de granos infectados, seguidamente se seleccionaron los mejores exudados bacterianos de posibles bacterias fitopatógenas sobre los granos para aislarlas, sembrarlas y purificarlas en A.N; posteriormente se identificaron a través de diferentes pruebas bioquímicas: Reacción Gram, Hidróxido de Potasio (KOH), Reacción Oxidasa, Catalasa (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), siembra en medio Extracto de Levadura y Carbonato de Calcio (YDC) y King-B según Schaad, (1980) (Anexo 7). Finalmente se aislaron y purificaron en el medio específico Pseudomonas Agar (Ps. A) para la identificación de especies.

#### **4.4.2.3 Identificación de especies de *Aspergillus* y *Fusarium***

Para la identificación de especies de *Aspergillus* se aislaron en medio de cultivos específicos (Czapek-agar). A los siete días se midió el crecimiento radial-micelial de cada aislado en cm y se anotó las características morfológicas de forma de crecimiento y coloración de micelio, para su posterior observación al microscopio e identificación utilizando las claves taxonómicas según Samson y Reenen-Hoekstra (1988).

La identificación de especies de *Fusarium* estuvo basada principalmente en las características morfológicas. Se utilizaron los medios Agar al 2% con hojas de clavel y Papa Dextrosa Agar (PDA), para la comparación de la formación de estructuras reproductivas, forma de crecimiento y coloración de micelio. Se utilizó las claves taxonómicas y referencias bibliográficas según Laboratorio En.: *Fusarium* (2003).

#### **4.5 Determinación de aflatoxinas en granos de sorgo**

Para la determinación de aflatoxinas en granos almacenados se empleó el método de minicolumnas propuesta por Holaday y Velasco (HV), el cual es una prueba que determina la presencia y la cantidad de aflatoxinas en las muestras (granos de sorgo almacenado).

Según FAO (1974) citado por Ortiz (1992), los niveles permisibles de aflatoxinas en granos de consumo humano están en un máximo de 20 partes por billón (ppb), equivalente a microg/kg o mg/ton.

Los reactivos, preparación de las minicolumnas y los procedimientos realizados para la determinación de aflatoxinas se citan en el Anexo 2.

#### **4.6 Variables evaluadas**

En el estudio se evaluó las siguientes variables:

- Número de insectos en las impurezas resultantes de la muestra de trabajo 1 kg y 400 granos
- Porcentaje de infección por hongos y bacterias en 400 granos
- Presencia de aflatoxinas en muestras de almacén

#### **4.7 Análisis**

Se realizó un análisis descriptivo de la información procedente de las encuestas y resultados de análisis de laboratorio.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1 Análisis organoléptico y condiciones de almacenamiento de las industrias y empresas almacenadoras

La forma principal de almacenamiento en las diferentes industrias y empresas de granos en Nicaragua es en silo metálico, con capacidades que van desde los 600 a 9000 Ton donde se almacenan por el tiempo necesario hasta su utilización, con temperaturas que oscilan entre 25-30°C y contenido de humedad del grano de 12-13%.

Las muestras de sorgo fueron tomadas directamente de silos, a excepción de MEBASA que fue tomada de sacos (silos en reparación).

Las impurezas encontradas en granos en diferentes industrias y empresas almacenadoras fueron residuos vegetales, granos quebrados de sorgo, granos de maíz, arroz y otros. Los porcentajes más altos de impurezas fueron de 6.5 y 4.6% que corresponden a la muestra procedente de MEBASA, en sorgo rojo y blanco respectivamente. Estas presentaron apariencia sucia y olor normal a sorgo (Cuadro 2). Según Ramírez (1981), las impurezas representan una contaminación en sí, siendo una amenaza para la buena conservación de los granos.

El período de almacenamiento en granos de sorgo muestreados en diferentes industrias y empresas almacenadoras, comprenden desde los 33 a los 608 días. \*Un tiempo de almacenamiento de 60 días se considera lo adecuado, para granos de sorgo.

Entre mayor sea el período de tiempo de almacenamiento de los granos su nivel de proteína baja; teniendo así granos de bajo valor nutritivo para la elaboración de alimentos balanceados para animales. Según Hulse *et al.*, (1980) citado por Compton (1990), el

---

\* Vargas, F. 2006. Problemática de la producción de sorgo (Entrevista). Asociación Nacional de Productores de Sorgo (ANPROSOR). Managua, Nicaragua.

contenido de proteína de los granos de sorgo es de 7.10-14.20 %, superando a los granos de maíz (10.00%) y arroz (8.00%). El sorgo rojo es uno de los granos más utilizados en las industrias y empresas almacenadoras de Nicaragua para la elaboración de alimentos balanceados para animales.

Bailey (1974) citado por Compton (1990), concluye que un almacenamiento adecuado en silos trata de mantener las características que el grano tiene al momento de la cosecha y secado. En el caso de la semilla, la viabilidad es la que se debe de mantener; mientras en el caso de granos para alimentos se trata de mantener la calidad nutricional.

Cuadro 2. Condiciones de almacenamiento y análisis organoléptico de granos de sorgo (1kg) en industrias y empresas de Nicaragua, 2005

<b>Empresas / Industrias</b>	<b>Color del grano</b>	<b>Impurezas (%)</b>	<b>Forma de almacenaje</b>	<b>Olor</b>	<b>Apariencia momento muestreo</b>	<b>Periodo de almacenaje (días)</b>
<b>MEBASA</b> (Masaya, Catarina)	Rojo	6.5	Sacos	Normal	Sucio	33
	Blanco	4.6	Sacos	Normal	Sucio	33
<b>ENABAS</b> (Managua)	Rojo	1.5	Silos	Normal	Regular	*
	Blanco	0.89	Silos	Normal	Regular	*
<b>INDAVINSA</b> (León, Chinandega)	Rojo	3.05	Silos	Normal	Regular	608
<b>SERCOSA</b> (Chinandega, Somotillo)	Rojo	3.3	Silos	Normal	Regular	264
<b>MONISA</b> (Granada)	Rojo	4	Silos	Normal	Sucio	274

\* No hay información

Compton (1990) y Christensen (1962), coinciden que la humedad óptima que deben tener los granos de sorgo en almacén es 12%; los granos con esta humedad no corren riesgo de deterioro por hongos; sin embargo, las muestras colectadas en ENABAS no cumplen estas condiciones debido a que la humedad del grano es de 15.04%.



Respecto a la temperatura para un almacenamiento seguro Compton (1990) afirma que debe ser de 25-30°C; sin embargo, en las empresas almacenadoras estas condiciones van de 29.4 a 32 °C, las que son propicias para el desarrollo de insectos y algunos hongos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Temperatura de almacenamiento, color y contenido de humedad de granos de sorgo en diferentes industrias y empresas de Nicaragua, 2005

<b>Industrias y Empresas</b>	<b>Color de grano</b>	<b>Contenido de Humedad (%)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
<b>MEBASA</b> (Masaya, Catarina)	Rojo	12.38	31.1
	Blanco	13.95	29.4
<b>ENABAS</b> (Managua)	Rojo	15.04	29
	Blanco	14.04	29
<b>INDAVINSA</b> (León, Chinandega)	Rojo	12.66	30
<b>SERCOSA</b> (Chinandega, Somotillo)	Rojo	13.32	30.1
<b>MONISA</b> (Granada)	Rojo	14.04	32

## **5.2 Análisis organoléptico, condiciones de humedad y temperatura en muestras de granos de sorgo procedente de campo**

El mayor peso de impurezas en granos de sorgo en muestras de campo fue de 4.28 % en sorgo blanco, esta cantidad de impurezas no supera a las encontradas en muestras colectadas de almacén, el cual la mayor cantidad fue de 6.5 % en MEBASA (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis organoléptico de granos de sorgo en muestras de campo, cosecha de primera y postrera, 2005

<b>Procedencia de la muestra / productor</b>	<b>Época de siembra</b>	<b>Color de grano</b>	<b>Impurezas (%)</b>	<b>Olor</b>
Enrique Saravia (Chinandega)	Postrera	Rojo	3.07	Normal
	Postrera	Blanco	1.35	Normal
José Barcenás (Masaya)	Primera	Rojo	2.63	Normal
José Barcenás (Masaya)	Postrera	Blanco	4.28	Normal

Según House (1985) citado por Compton (1990), el grano de sorgo cuando alcanza su madurez fisiológica tiene un contenido de humedad de 30-35%, y lo continúa perdiendo hasta alcanzar un 15-20%, un nivel adecuado para la cosecha.

Las muestras de campo colectadas poco después de la cosecha, presentaron una humedad de 12.72 - 14.84% en el momento de tomar la muestra limpia en el laboratorio (Cuadro 5), según Gómez y Minelli (1990), el grano de sorgo se debe cosechar hasta tener un 18-20% de humedad.

Cuadro 5. Contenido de humedad y temperatura de granos de sorgo de muestras campo de cosecha de primera y postrera, 2005

<b>Procedencia de la muestra / productor</b>	<b>Época de siembra</b>	<b>Color de grano</b>	<b>Contenido de Humedad (%)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
Enrique Saravia (Chinandega)	Postrera	Sorgo Rojo	14.84	32
	Postrera	Sorgo Blanco	13.9	32
José Barcenás (Masaya)	Primera	Sorgo Rojo	13.23	33
José Barcenás (Masaya)	Postrera	Sorgo Blanco	12.72	30.5

### 5.3 Análisis entomológico en granos de sorgo

#### 5.3.1 Granos en almacén

La mayoría de los insectos identificados en las muestras de almacén fueron encontrados en las impurezas resultadas de la muestra de trabajo. El mayor número de insectos fue 336 que resultó en muestras procedentes de MEBASA en granos de sorgo rojo (Figura 1). El tipo de almacenamiento en sacos al momento del muestreo (silos en reparación), temperaturas de 31.1 y 29.4°C, contenido de humedad del grano de 12.38 y 13.95% en sorgo rojo y blanco respectivamente; fueron los factores que favorecieron a que se presentara la mayor cantidad de insectos en comparación con los otros lugares de muestreo. Según Compton (1990), la temperatura óptima para la reproducción de insectos en almacén es de 29-32°C, desarrollándose en granos con contenido de humedad mayor de 14%.

Otra condición que favoreció al desarrollo y sobrevivencia de los insectos fueron los mayores porcentajes de impurezas (6.5 y 4.6%). Gómez y Minelli (1990), menciona que las impurezas facilitan el desarrollo y la sobrevivencia de los mismos.

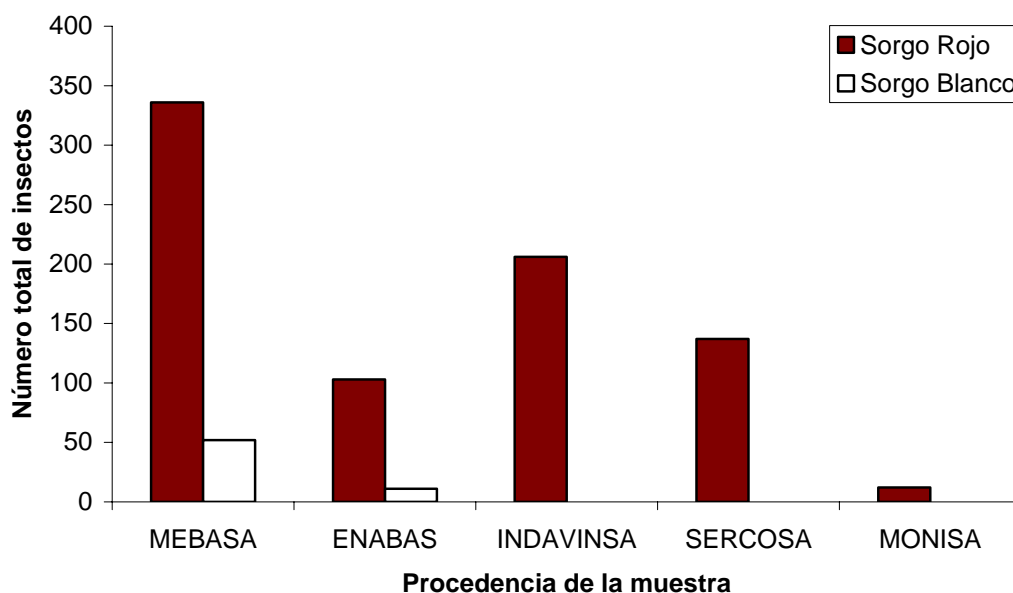


Figura 1. Número total de insectos encontrados en granos e impurezas de sorgo rojo y blanco en las diferentes industrias y empresas almacenadoras, 2005

En granos e impurezas de sorgo rojo predominó la plaga primaria pequeño barrenador de los granos *Rhizopertha dominica* (F.) (Foto 2), con 296 insectos (Anexo 8). La larva y el adulto de este insecto tienen preferencia por los cereales, atacando granos enteros y sanos alimentándose del interior de estos. Pueden sobrevivir y multiplicarse en granos de cereales con menos de 9% de contenido de humedad (Arias y Dell'Orto, 1985). Otro insecto plaga primaria que se encontró afectando granos fue el gorgojo del arroz *Sitophilus oryzae* (L.) (Foto 1) (Figura 2).

\* Así mismo se encontraron insectos depredadores del género *Orius* sp. (Foto 7) con 3 insectos en sorgo rojo; en sorgo blanco fue encontrado un parasitoide que pertenece a la familia Bethyridae (Foto 8). Maes (1999), menciona que algunos insectos de esta familia son parasitoides de larvas de coleópteros y lepidópteros de plagas de granos almacenados.

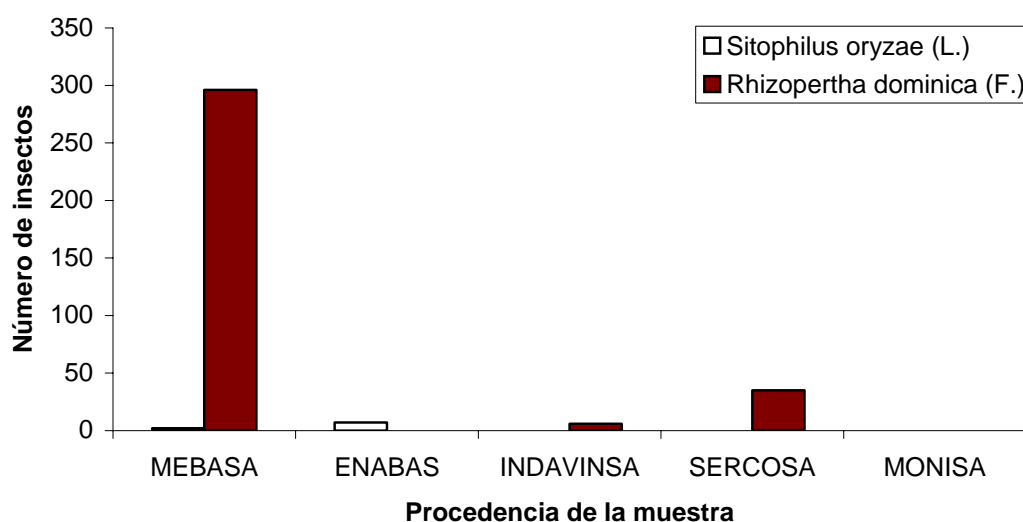


Figura 2. Número de insectos plagas primarias de almacén encontrados en granos e impurezas de sorgo rojo y blanco en las diferentes industrias y empresas almacenadoras, 2005

\* De la Llana, A. 2006. Clasificación de parasitoides. Docente del Departamento de Protección Agrícola y Forestal (DPAF). Universidad Nacional Agraria (U.N.A). Managua, Nicaragua.

La plaga secundaria que mayormente se encontró afectando los granos de sorgo rojo en todas la muestras colectadas fue el gorgojo plano de los granos *Cryptolestes* sp. (Foto 5) (Anexo8, 9 y 11), de la cual la muestra procedente de INDAVINSA resultó con mayor número, con 196 insectos de este género (Anexo10). Este insecto daña los granos almacenados una vez que las plagas primarias han perforado los granos, además es capaz de causar serias infestaciones en granos con fisura y quebrados aun en ausencia de insectos plaga primaria ya que la larva es capaz de penetrarlos. El periodo de almacenaje (608 días) principalmente, temperatura de 30 °C y un porcentaje de impureza de 3.05%, favorecieron a que este género se desarrollara en mayor número (Figura 3).

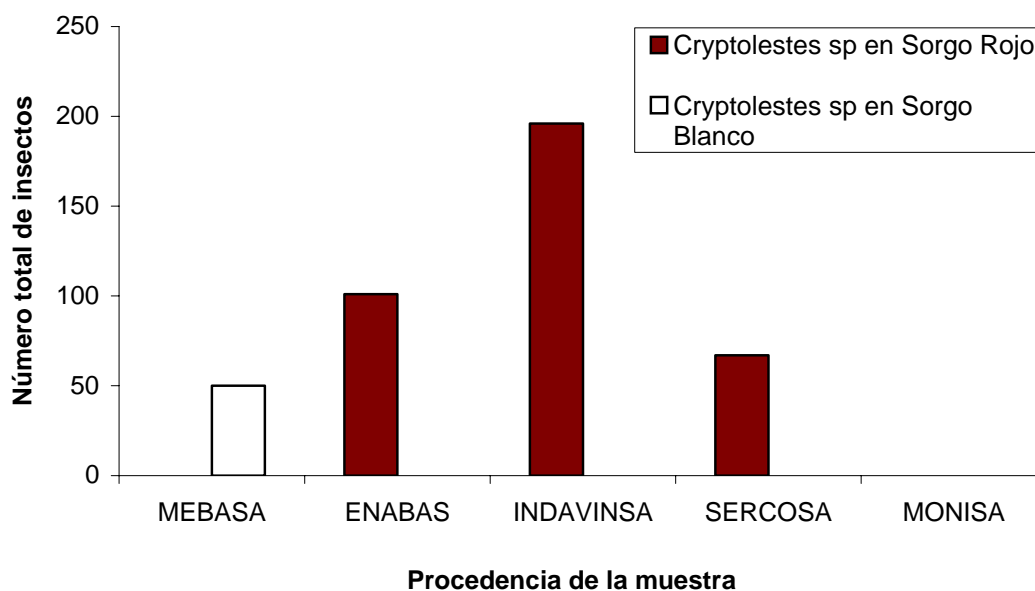


Figura 3. Número total del insectos del género *Cryptolestes* sp. encontrados en granos e impurezas de sorgo rojo y blanco en las diferentes industrias y empresas almacenadoras, 2005

En la muestra colectada de SERCOSA se presentó un mayor número de insectos muertos en su mayoría los del género *Cryptolestes* sp (132 insectos) en granos e impurezas de sorgo rojo, debido a que se había aplicado Fosfamina (Fosfuro de Aluminio) una semana antes del muestreo (Figura 4).

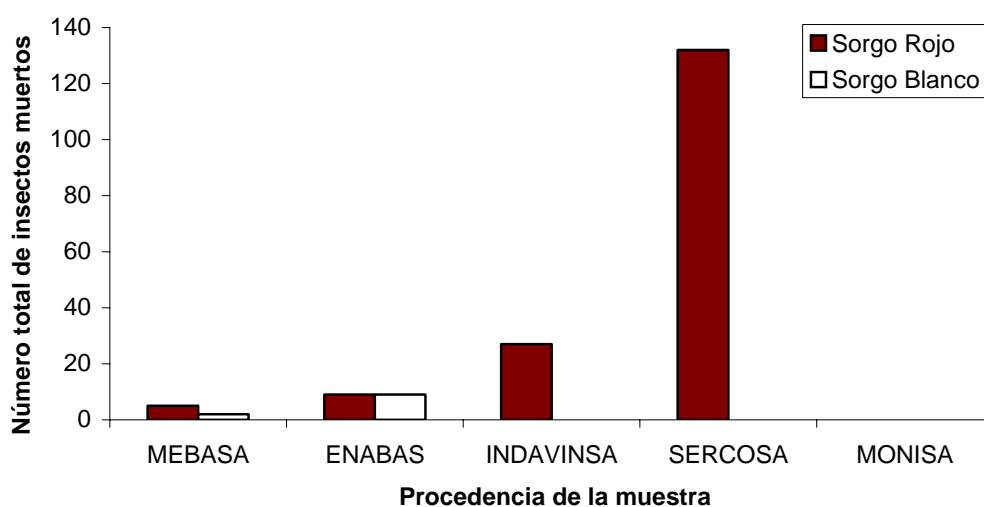


Figura 4. Número total de insectos muertos en granos e impurezas de sorgo rojo y sorgo blanco en las diferentes industrias y empresas almacenadoras, 2005

El menor número de insectos en granos e impurezas de sorgo rojo se encontró en las muestras colectadas procedentes de MONISA, con un total de 12 insectos vivos (Anexo 12), representado por el gorgojo dentado del grano *Orizaephillus suranemensis* (L.) (Foto 4). Tanto la larva como el adulto son capaces de dañar los granos con muy bajo contenido de humedad, especialmente aquellos que han permanecido mucho tiempo almacenado (Arias y Dell'Orto, 1985). Las condiciones de humedad (14.04 %) en esta muestra no fueron favorables para la reproducción y sobrevivencia de insectos; sin embargo, favoreció el desarrollo de microorganismos.

### 5.3.2 Granos en campo

El insecto Telarañero del sorgo (*Celama* sp) (Foto 6) fue el que predominó en granos de sorgo blanco procedente del campo (Figura 5) en época de postrera con 463 insectos (Anexo 13). Las muestras venían con alta presencia de insectos en estado adulto. Según Saunders (1998), las larvas dañan las panículas que están madurando, alimentándose de la semilla y entretejiéndolas con sedas y excrementos. Cabe señalar que las muestras recolectadas en época de postrera no pasaron por el proceso de beneficiado.

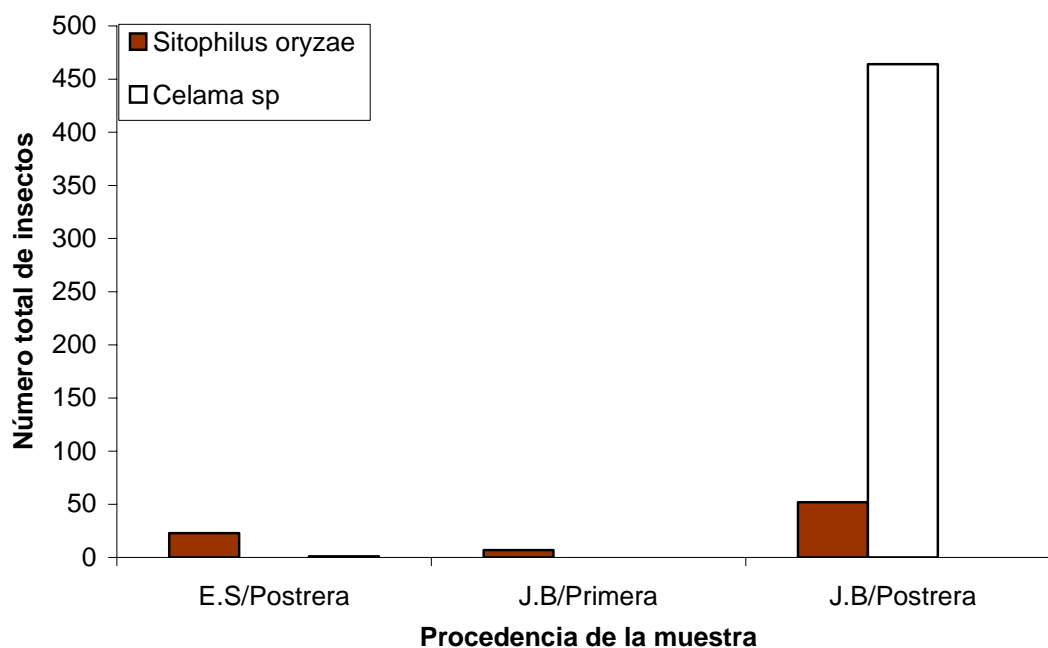


Figura 5. Número total de insectos encontrados en granos e impurezas de sorgo rojo y blanco en las diferentes fincas de los productores José Barcenás y Enrique Saravia, 2005

El gorgojo del arroz *Sitophilus oryzae* (L.) es una plaga primaria que se encontró en granos de sorgo rojo y blanco en todas las muestras colectadas de campo en épocas de primera y postrera (Anexo 14 y 15), de la cual la muestra procedente de J.B/Postrera resultó en mayor número con 52 insectos. Arias y Dell'Orto (1985), expresan que los insectos de este género son muy buenos voladores e infestan a los granos desde el campo; además, es predominante en regiones tropicales provocando daño tanto la larva como el adulto, alimentándose del interior de granos almacenados.

\*Se identificó un insecto parasitoide que pertenece a la familia Pteromalidae, sub familia Pteromalinae del orden Hymenoptera en sorgo blanco. Según Maes (1999), en esta familia algunos son parasitoides de plagas de granos almacenados de la familia Curculionidae.

\* De Llana, A. 2006. Clasificación de parasitoides. Docente del Departamento de Protección Agrícola y Forestal (DPAF). Universidad Nacional Agraria (U.N.A). Managua, Nicaragua.

## 5.4 Análisis patológico en granos de sorgo

### 5.4.1 Hongos en granos de muestras de almacén

El mayor porcentaje de infección por hongos en granos almacenados fue de 98.5% en granos de sorgo rojo procedente de MONISA. Las condiciones de humedad (14.04 %) y período largo de almacenaje (274 días), favorecieron el desarrollo de estos (Figura 6). Christensen (1962), afirma que los hongos de granos almacenados crecen más rápido a temperaturas de 25-30°C y empiezan a desarrollarse 3 ó 4 meses después cuando la humedad está en 14-15 %, condiciones que se presentaron en la muestra de esta empresa.

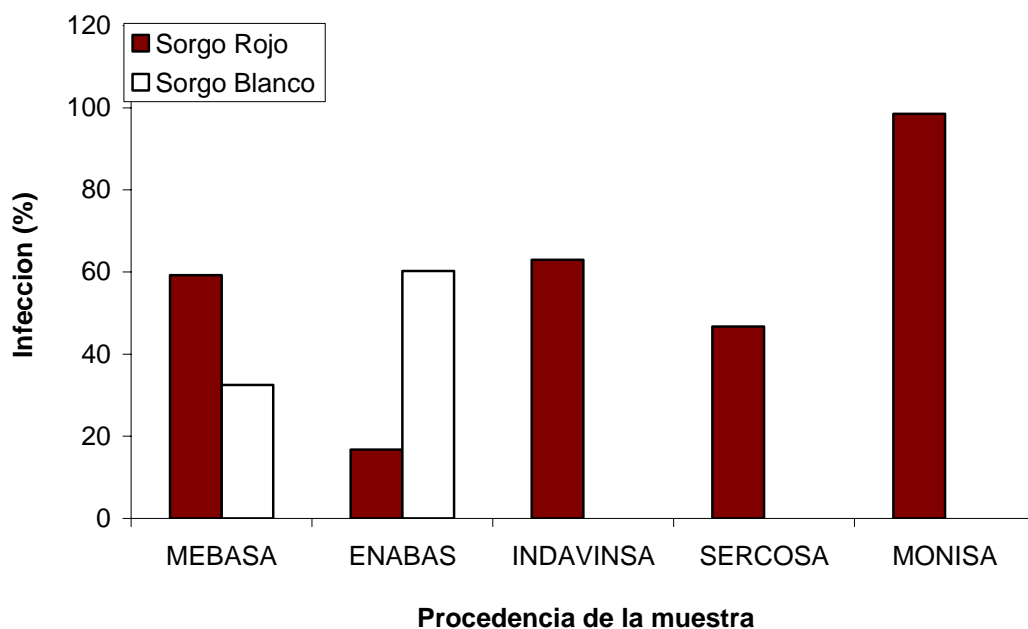


Figura 6. Porcentaje de infección por hongos en 400granos de sorgo rojo y blanco en las diferentes industrias y empresas almacenadoras de Nicaragua, 2005

Los géneros de hongos que mayormente se encontraron afectando los granos de sorgo fueron *Helminthosporium* sp. (Foto 21) y *Fusarium* spp. Los más altos porcentajes de infección fueron de 36.5% y 36% respectivamente para ambos géneros que se consideran de campo y de almacén (Figura 7 y 8). Moreno (1988), considera que cuando en una muestra de granos se aíslan solamente hongos de campo, se infieren dos situaciones: que el



grano es recién cosechado, y si no es un grano recién cosechado, quiere decir que ha sido bien conservado, ya que no han desaparecido estos hongos por la acción de los hongos de almacén que se presentan bajo malas condiciones de almacenamiento (Anexo 18 y 20).

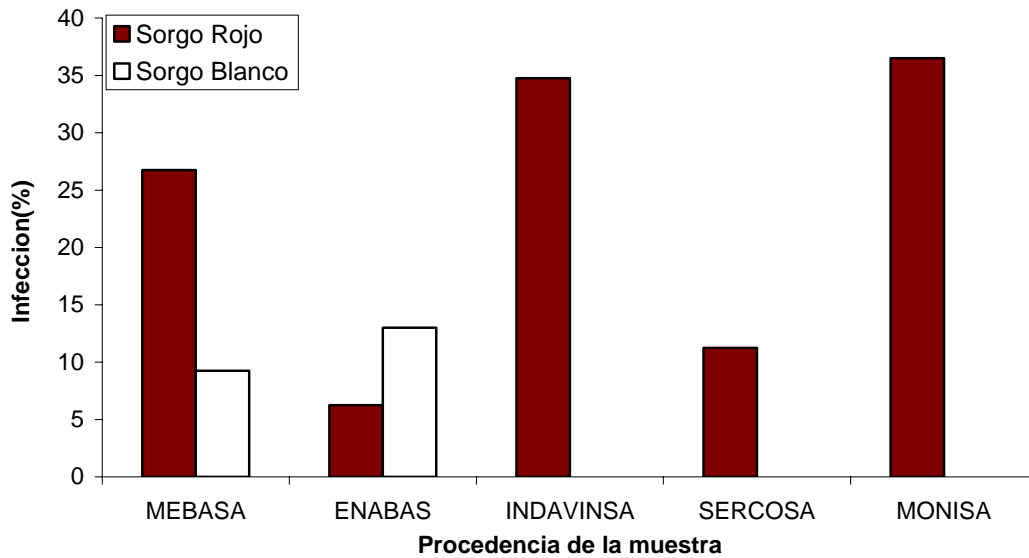


Figura 7. Porcentaje de infección por hongos del género *Helminthosporium* sp. en 400 granos de sorgo rojo y blanco en las diferentes empresas e industrias almacenadoras, 2005

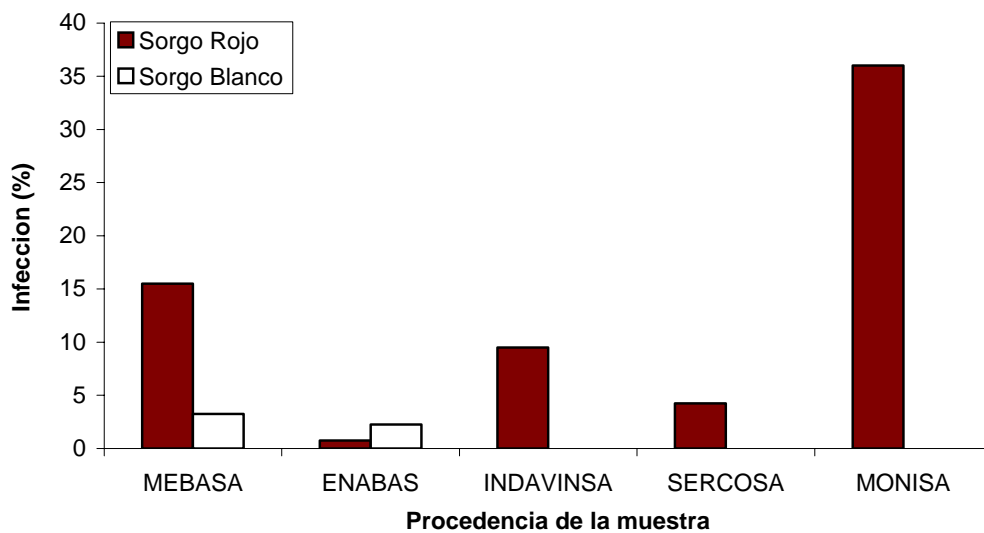


Figura 8. Porcentaje de infección por hongos del género *Fusarium* spp. en 400 granos de sorgo rojo y blanco en las diferentes empresas e industrias almacenadoras, 2005

Así mismo en la muestra de granos de INDAVINSA resultó con 63% de sus granos de sorgo rojo infectado, prevaleciendo el género *Helminthosporium* sp. (34.75 %) considerado un hongo de campo, pero predomina período largo de almacenaje (608 días).

Los mayores porcentajes de infección por hongos de almacén resultaron en muestras colectadas de ENABAS y MEBASA en sorgo blanco. El género *Aspergillus* spp. fue el que mayormente afectó con 25.5 % y 12 %, respectivamente (Figura 9). Gómez y Minelli (1990), aseveran que el contenido de humedad superior al 13% y temperaturas de 25-30 °C favorecen el crecimiento de hongos de almacén; condiciones que se presentaron en las muestras procedentes de estos almacenes. Además de los géneros nombrados anteriormente se identificaron también *Mucor* sp. (Foto 22), *Colletotrichum graminicola* (Cesati) G. W. Wilson y *Phytium* sp. (Anexo16 y 17).

Las muestras colectas en MONISA no presentaron infección por el género *Aspergillus* spp., sino prevalecieron los géneros de hongos asociados a campo y almacén (*Helminthosporium* sp. y *Fusarium* spp.).

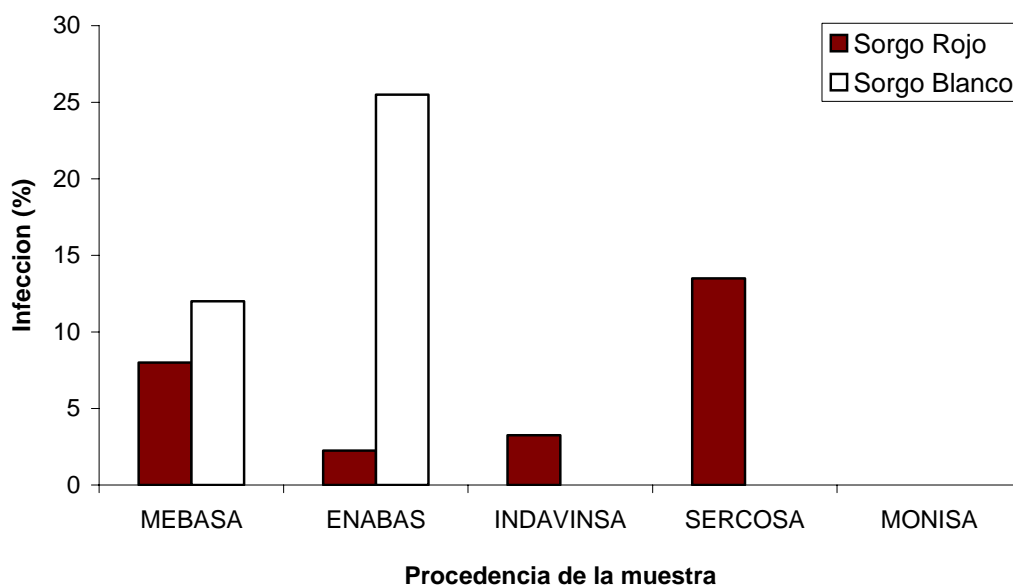


Figura 9. Porcentaje de infección por hongos del género *Aspergillus* spp., en 400 granos de sorgo rojo y blanco en las diferentes industrias y empresas almacenadoras, 2005

En muestras de SERCOSA el sorgo rojo resultó con un porcentaje de infección de 46.75%, con el mayor porcentaje de infección por el género *Mucor* sp. con 19.25% (Anexo 19).

#### 5.4.2. Hongos en granos de muestras de campo

Los mayores porcentajes de infección por hongos en las muestras procedentes de campo resultaron en la época de postrera en granos de sorgo blanco y rojo. Según el INTA (1999), la época de siembra del sorgo depende del régimen de lluvia de cada zona, siendo la época de postrera la mejor para la cosecha ya que coincide con la estación seca (Nov-Dic), disminuyendo así los riesgos de pérdidas por mohos de la panoja; sin embargo, las condiciones de precipitación (732.5 mm) (Anexo 21 y 22 ) que se presentaron en la época de postrera durante la etapa de llenado y formación de grano favoreció el desarrollo de hongos asociados a mohos de la panoja (Figura 10).

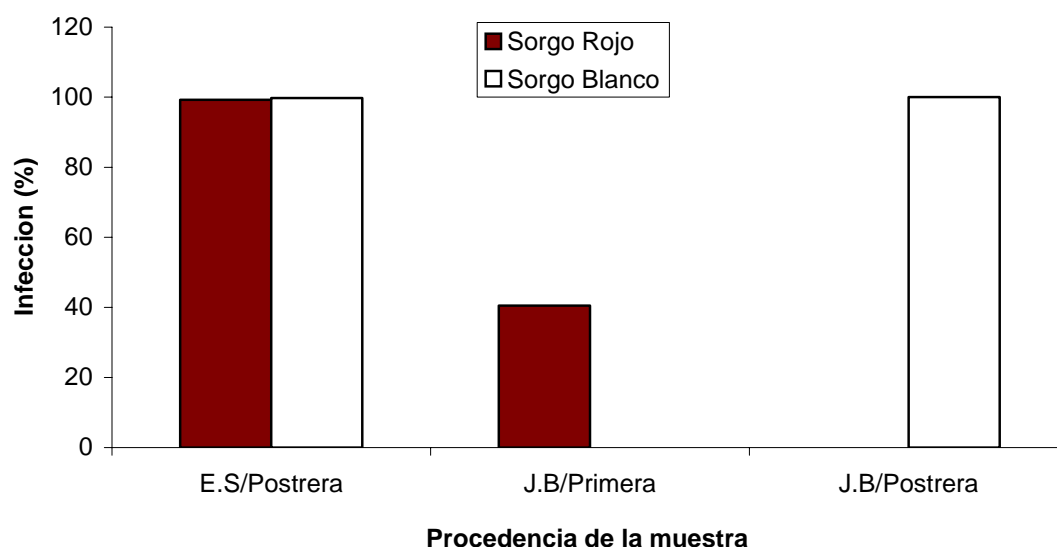


Figura 10. Porcentaje de infección por hongos en muestras de campo en 400 granos de sorgo rojo y blanco procedente de las fincas de los productores José Barcenás y Enrique Saravia en época de primera y postrera, 2005

Las muestras de postrera fueron tomadas directamente del campo al momento de la cosecha y la muestra de primera pasó por un proceso de secado.

El género *Fusarium* spp. ocasionó el mayor porcentaje de infección (53.5 %) en los granos de sorgo blanco en las muestras procedentes de Tisma, en la finca El Paraíso del productor José Barcenas (Anexo 23).

El género *Helminthosporium* sp. ocasionó las mayores infecciones en sorgo blanco con 78.75% y 51.5% en sorgo rojo en las muestras procedentes de Chinandega, en la finca San Isidro del productor Enrique Saravia. Igualmente, estos mismos géneros ocasionaron las mayores infecciones en granos almacenado de sorgo rojo y blanco presentándose este último a una mayor susceptibilidad; estos géneros infectan los granos en el campo provocando pudrición de raíz y otros daños en las plantas que nacen de granos infectados, pero no deterioran los granos en almacén (Christensen, 1962) (Figura 11).

\*Otros géneros de hongos que se encontraron afectando fueron *Colletotrichum graminicola* (Cesati) G. W. Wilson y *Gloesporium* sp., los que se asocian al manchado del grano en sorgo a nivel de campo.

---

\* Gutiérrez, Y. 2006. Fitopatología (Comunicación personal). Docente del Departamento de Protección Agrícola y Forestal (DPAF), Universidad Nacional Agraria (U.N.A). Managua, Nicaragua.

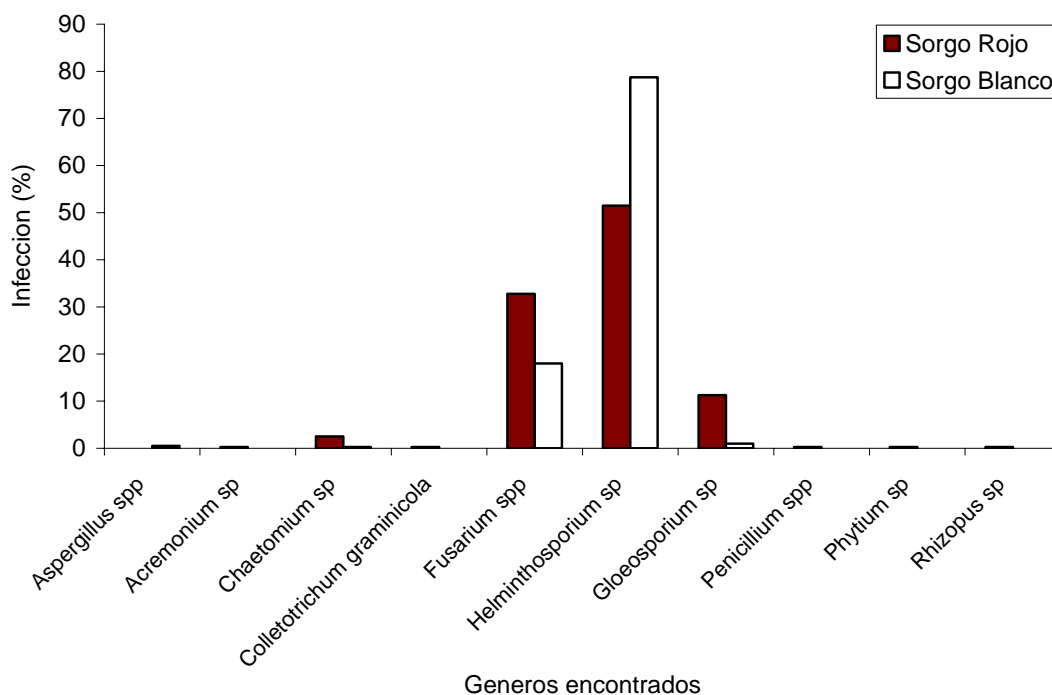


Figura 11. Porcentaje de infección por géneros de hongos en 400 granos de sorgo rojo y Blanco en la finca San Isidro del productor Enrique Saravia en época de postrera, 2005

Algunas especies de hongos de almacén y campo producen micotoxinas. Según Moreno (1988), *Helminthosporium* sp., no se le considera un hongo toxígeno; sin embargo, el género de hongo *Fusarium* spp., produce diversas toxinas como Tricotecenos, Zearalenona, Moniliformina y Fusarina (Anexo 4).

Las muestras colectadas de campo procedentes de la finca El Paraíso presentaron para sorgo rojo en época de primera un 40.5% de granos infectados, predominando con mayor infección el género *Mucor* sp., con un 16%. Otros géneros de hongos que se encontraron afectando a los granos fueron *Helminthosporium* sp., *Fusarium* spp. y *Verticillium* sp. (Figura 12).

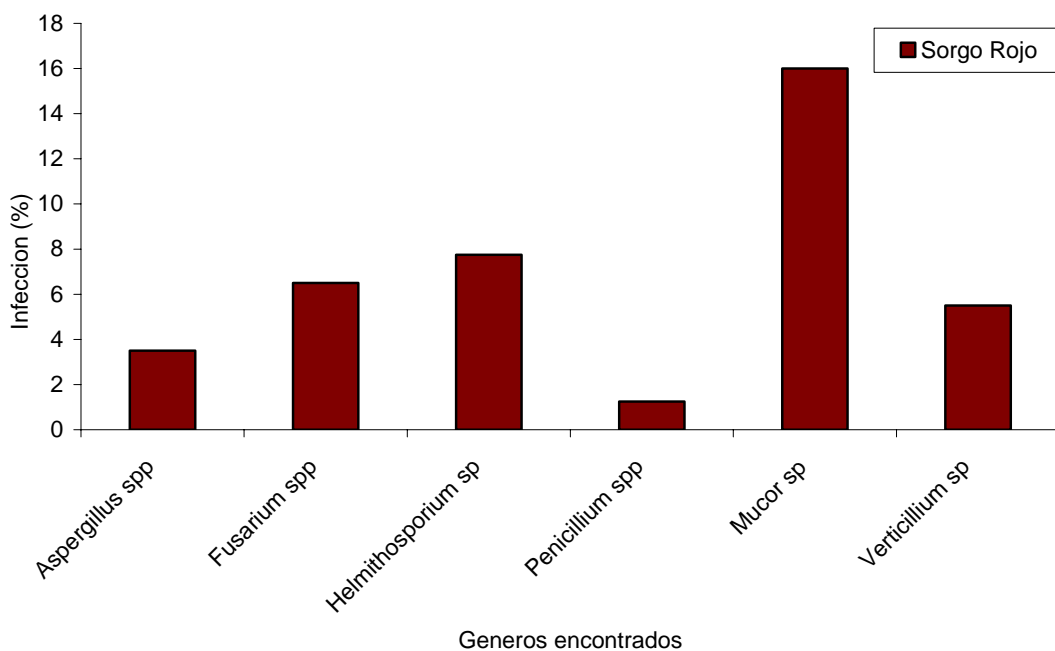


Figura 12. Porcentaje de infección en 400 granos de sorgo rojo por géneros de hongos en la finca el Paraíso del productor José Barcenas en época de primera, 2005

Así mismo se presentaron las especies de *A. flavus* y *A. parasiticus*, asociadas a la producción de aflatoxinas, debido a que las condiciones de humedad y temperatura que se presentaron en campo favorecieron el crecimiento y desarrollo de este género.

#### 5.4.3 Bacterias en granos de muestras de almacén

Se identificó la bacteria *Pseudomonas syringae* van Hall infectando a los granos de sorgo en las muestras procedentes de almacén. Al igual que en el caso de hongos el mayor porcentaje de infección por bacterias resultó para la empresa MONISA con un 37% en granos de sorgo rojo; las condiciones de almacenamiento (274 días), humedad (14 %), temperatura (32° C) y granos con apariencia sucia fueron factores propicios para el desarrollo de hongos y bacterias (Figura 13).

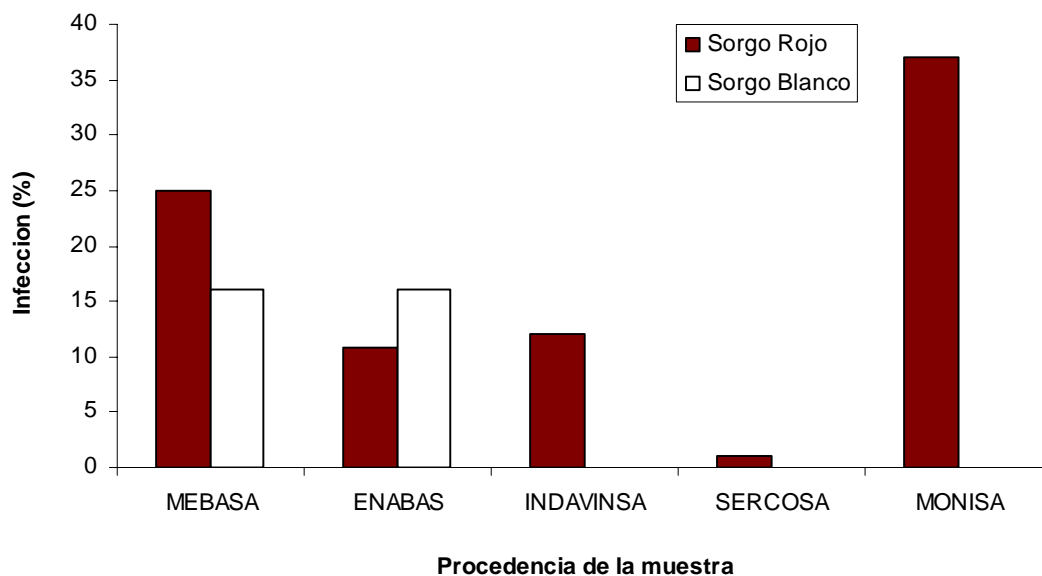


Figura 13. Porcentaje de infección por bacterias en 400 granos de sorgo rojo y blanco en las diferentes industrias y empresas almacenadoras de Nicaragua, 2005

En el análisis bacteriano también se encontró crecimiento del género de *Bacillus* spp. en el cual se identificó el género de bacteria *Bacillus megaterium* pv *cerealis* (De Bary) predominando en todas las muestras colectadas en almacén (Anexo 24).

La cantidad de impurezas (64.95 g) y de insectos (336), encontrados en MEBASA favorecieron la infección por bacterias la que resultó con 25% de granos infectados. Según Schneider (1995), la presencia de bacterias es un indicio de niveles de deterioro del grano y generalmente sigue el ataque de insectos y hongos.

De igual manera el sorgo blanco almacenado en MEBASA y ENABAS resultó con un 16 % de granos infectados por bacterias. Porcentajes menores de infección resultaron en el resto de las muestras.

#### 5.4.4 Bacterias en granos de muestras de campo

Al igual que en muestras de granos de almacén la bacteria *Pseudomonas syringae* van Hall se encontró en todas las muestras colectadas en campo. El mayor porcentaje de infección fue de 70.25% en primera en la muestra colectada en granos de sorgo rojo; la alta humedad relativa (79%) (Anexo 22) favoreció el desarrollo de esta bacteria. Según Schneider (1995), las bacterias necesitan para su desarrollo humedad relativa alta (Figura 14).

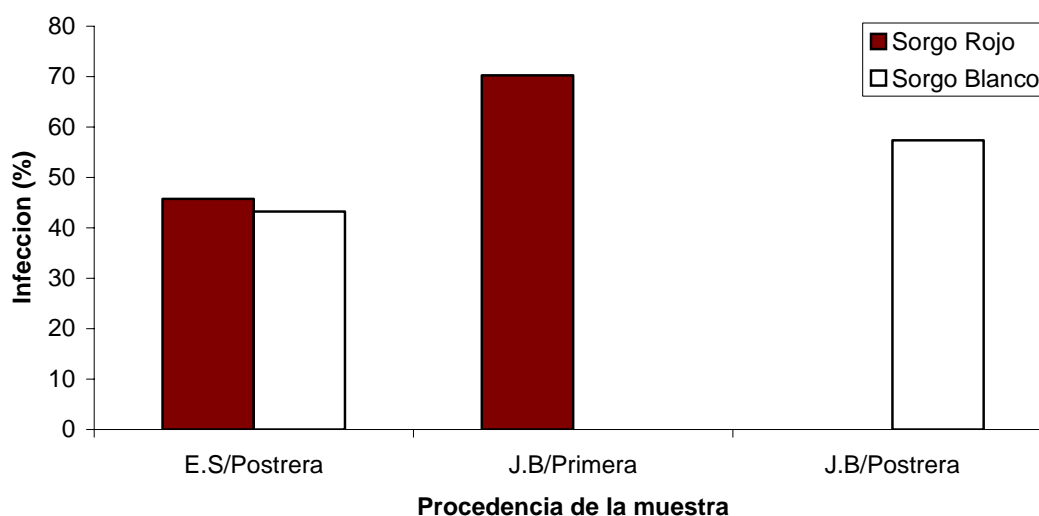


Figura 14. Porcentaje de infección por bacterias en muestras colectadas de campo en 400 granos de sorgo rojo y blanco procedente de las fincas de los productores José Barcenas y Enrique Saravia en época de primera y postrera, 2005

Las muestras colectadas en época de postrera presentaron un alto porcentaje de infección por hongos; sin embargo, la infección por bacterias fue menor en ambas fincas con 57.38 % en la finca el Paraíso (Tisma), (Chinandega) con 45.75, 43.25 % en sorgo rojo y blanco respectivamente en la finca San Isidro. Según Schneider (1995), las bacterias producen en los granos potentes toxinas causante de diarreas e intoxicaciones.



En el cultivo de sorgo a nivel de campo la bacteria *Pseudomonas syringae* van Hall es causante de la mancha bacterial en la hoja de sorgo; así mismo produce numerosas enfermedades en las plantas con diversos síntomas, incluyendo marchitamientos vasculares, tallos necróticos, pudriciones blandas, mancha foliar, tumores y agallas (Schaad, 1980).

#### **5.4.5 Identificación de especies de *Aspergillus* y *Fusarium***

##### **5.4.5.1 Especies de *Aspergillus* spp.**

Raper y Fennell (1965), citados por Moreno y Gutiérrez (1991), mencionan que el género *Aspergillus* está constituido por 132 especies de las cuales únicamente *A. flavus* Link y *A. parasiticus* Speare son especies productoras de aflatoxinas, que requieren temperaturas de 8 a 55 °C para su desarrollo, con un contenido de humedad en granos de cereales de 16.5-18.5% en base a peso húmedo.

Estas especies productoras de aflatoxinas y *A. niger* van Tieghem, considerado un hongo de deterioro avanzado, se encontraron en todas las muestras de granos de sorgo rojo y blanco procedentes de almacén, excepto en las muestras colectadas en MONISA, donde no se presentó el género *Aspergillus*, debido a la alta presencia de hongos de campo *Helminthosporium* sp., *Fusarium* spp.

*Aspergillus flavus* Link, *A. parasiticus* Speare, *A. niger* Van Tieghem, *A. fumigatus* Fres, *A. terreus* Thom, *A. ustus* (Bain.) Thom and Church y *A. wentii* Wehmer son las especies del género *Aspergillus* que se identificaron en granos de sorgo en almacén y campos de producción comercial (Cuadro 6).

#### **5.4.5.2 Especies de *Fusarium* spp.**

Según Moreno (1988), este género junto con *Aspergillus* y *Penicillium* es uno de los hongos más importante en la producción de micotoxinas.

*F. roseum* Schwabe, *F. oxysporum* Schlecht y *F. solani* (Mart) Sacc, especies productoras de toxinas (zearalenona y moniliformina), se encontraron en todas las muestras de almacén y campo, donde se identificaron por sus características morfológicas (Anexo 25).

Cuadro 6. Especies del género *Aspergillus* spp., encontradas en cada una de las empresas e industrias almacenadoras y en campo, 2005

Procedencia de la muestra	Genero	Especies	Color del grano		
<b>MEBASA</b> (Masaya, Catarina)	<i>Aspergillus</i>	<i>flavus</i>	Sorgo Rojo		
		<i>parasiticus</i>			
		<i>niger</i>			
				<i>flavus</i>	Sorgo Blanco
				<i>parasiticus</i>	
				<i>niger</i>	
<b>ENABAS</b> (Managua)	<i>Aspergillus</i>	<i>flavus</i>	Sorgo Rojo		
		<i>parasiticus</i>			
		<i>niger</i>			
				<i>flavus</i>	Sorgo Blanco
				<i>parasiticus</i>	
				<i>niger</i>	
		<i>fumigatus</i>			
		<i>Aspergillus</i>	<i>flavus</i>	Sorgo Rojo	
			<i>parasiticus</i>		
			<i>niger</i>		
<i>terreus</i>					
<b>SERCOSA</b> (Chinandega, Somontillo)	<i>Aspergillus</i>	<i>flavus</i>	Sorgo Rojo		
		<i>parasiticus</i>			
		<i>niger</i>			
		<i>terreus</i>			
		<i>ustus</i>			
		<i>wentii</i>			
<b>MONISA</b> (Granada)		*	Sorgo Rojo		
<b>E.S/Postre</b> (Chinandega)	<i>Aspergillus</i>	<i>flavus</i>	Sorgo Rojo		
		<i>parasiticus</i>			
<b>E.S/Postre</b> (Chinandega)		*	Sorgo Blanco		
<b>J.B/Primera</b> (Tisma, Masaya)	<i>Aspergillus</i>	<i>flavus</i>	Sorgo Rojo		
		<i>parasiticus</i>			
		<i>niger</i>			
		<i>fumigatus</i>			
<b>J.B/Postre</b> (Tisma, Masaya)		*	Sorgo Blanco		

\* No se encontró el género *Aspergillus* spp., en las muestras

## 5.5 Análisis de aflatoxinas

El análisis de aflatoxinas mostró que todas las muestras de granos almacenados estaban por debajo del nivel establecido (<20 ppb) por la FAO (Anexo 26). Las especies de *Aspergillus parasiticus* Speare y *A. flavus* Link, asociados a la producción de aflatoxinas, se encontraron en todas las muestras recolectadas, encontrándose los mayores porcentajes de infección (26%) en granos almacenados procedentes de ENABAS. Sin embargo, la presencia de estas especies en los granos no significa que las aflatoxinas están presentes; ya que para la producción de estas se requiere que los factores coincidan bajo determinadas circunstancias y condiciones como el hongo productor, substrato, humedad del ambiente y humedad del substrato, temperatura, la microflora asociada, oxígeno en la atmósfera de almacenamiento y período de almacenamiento (Moreno y Gutiérrez, 1991).

Uno de los factores que favorecen la producción de aflatoxinas en granos almacenados es el contenido de humedad del grano, el rango de 16.5-18.0 % y temperaturas de 25-35°C (Moreno y Gutiérrez 1991), condición que no se presentó al momento de la colecta de las muestras. Aparentemente la producción de aflatoxinas no ocurre a temperaturas menores de 10°C ni mayores de 45°C.

## VI. CONCLUSIONES

La cantidad de impurezas, período largo de almacenaje, apariencia sucia y temperatura en granos fueron factores que favorecieron el desarrollo de plagas insectiles, hongos y bacterias en granos almacenados.

Las plagas primarias que afectaron a granos almacenados fueron el pequeño barrenador de los granos *Rhizopertha dominica* (F.) y el gorgojo del arroz *Sitophilus oryzae* (L.)

El gorgojo plano de los granos (*Cryptolestes* sp.), el gorgojo castaño de la harina (*Tribolium castaneum* (Herbst)) y el gorgojo dientes de sierra (*Oryzaephilus surinamensis* (L.)) son las plagas secundarias identificadas en granos almacenados.

El telarañero del sorgo (*Celama* sp), se presentó en mayor cantidad en todas las muestras colectadas de campo en época de postrera.

El mayor porcentaje de infección por hongos en granos de almacén y campo fueron ocasionado por los géneros *Helminthosporium* sp. y *Fusarium* spp. respectivamente.

El contenido de humedad en granos superiores al 13 % favoreció el desarrollo de hongos de almacén principalmente del género *Aspergillus* spp.

La bacteria *Bacillus megaterium* pv *cerealis* (De Bary) se encontró infectando en todas las muestras de granos de sorgo en almacén y *Pseudomonas syringae* van Hall en las muestras de almacén y campo.

La humedad relativa fue el factor que favoreció a la infección por bacterias y las precipitaciones a las infecciones por hongos en granos de muestras de campo.

Las especies de *Fusarium* identificadas por características morfológicas en granos de almacén y campo corresponden a *F. roseum*, *F. oxysporum* y *F. solani*.

De las especies identificadas del género *Aspergillus*, *A. flavus* Link y *A. parasiticus* Speare se asocian a la producción de aflatoxinas en granos de sorgo; sin embargo, el análisis de aflatoxinas resultó por debajo del límite establecido (<20 ppb.), ya que principalmente el contenido de humedad de los granos no favoreció su producción.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Darle continuidad al estudio sobre la calidad fitosanitaria y la presencia de aflatoxinas en granos almacenados, retomando un mayor número de sitios y diferentes tipos de almacenamiento para generar más información y conocimientos técnicos a los investigadores.

Almacenar y secar los granos de sorgo a contenidos menores de 13%, para evitar el desarrollo de hongos e insectos y su deterioro durante el almacenamiento.

Aplicar otro método de detección para el análisis de aflatoxinas, que permita detectar y conocer la cantidad de esta con mayor precisión, y así obtener resultados más precisos, así mismo realizar análisis de micotoxinas para las toxinas producidas por el género *Fusarium*.

Revisión sistemática de los tipos de almacenamiento y de los granos una vez almacenados, para detectar la presencia de insectos y masas de granos húmedos por el desarrollo de hongos.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALEMAN, F. 2006.** Guía para la escritura del informe de investigación.  
Universidad Nacional Agraria (UNA), Dirección de Investigación, Extensión y Postgrado (DIEP). Managua, Nicaragua. Pp 25.
- ARÍAS VELÁSQUEZ, C. J y DELL'ORTO TRIVELLI, H. 1985.** Insectos que dañan granos y productos almacenados. Santiago, Chile. Pp 139.
- ALTAMIRANO, R y ARROLIGA, R. M *et al.*, 1982.** Contaminación por micotoxinas del sorgo nicaragüense (*Sorghum vulgare*). Laboratorio de tecnología de alimentos (LABAL). Ministerio de Industria. Boletín Técnico, Vol 3, N° 1. Managua, Nicaragua. Pp 31.
- BARNETT, H. L and HUNTER, B. B. 1998.** Illustrated Genera of Imperfect Fungi. 4a ed. American Phytopathologic Society, APS Press. St. Paul, Minnesota, USA. Pp 216.
- CASTAÑO-ZAPATA, J. y DEL RIO MENDOZA, L. 1994.** Guía para el diagnóstico y control de enfermedades en cultivos de importancia económica. 3a ed. Zamorano, Honduras. Zamorano Academia Press. Pp 103.
- CAVE, R. D. 1995.** Manual para el reconocimiento de parasitoides de plagas agrícolas en América Central. 1ª ed. Zamorano, Honduras. Zamorano Academia Press. Pp 202.
- COMPTON, L. P. 1990.** Agronomía del sorgo. Instituto de interacción para los cultivos para los trópicos semi áridos. Patanchevu, India. Pp 301.



- CHRISTENSEN, C. M y LOPEZ, L. C. 1962.** Daño que causan en México los hongos de granos almacenados. Folleto técnico No 44. Instituto Nacional de Investigación Agrícola. S. A. G. México, D. F. Pp 30.
- DE LA LLANA. A, A y SAENZ, M. R. 1990.** Entomología Sistemática. Imprenta Universidad Centro Americana (UCA). Managua, Nicaragua. Pp 217.
- DONSCH, K. H; GAMS, W. and ANDERSON, T. H. 1980.** Compendium of soil fungi. Vol. 1. Academic Press (Londres) Ltd. Pp 859.
- FAO. 1983.** Distribución e importancia de los insectos que dañan granos y productos almacenados en Chile (en línea). Santiago, CHI. Consultado 06 feb. 2006. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/X50305/X5030S00.htm#contents>
- FAO. 1993.** Manual para el manejo postcosecha de semilla de granos a nivel rural. Santiago, Chile. Pp 391.
- FAO. 1995.** El sorgo y el mijo en la nutrición humana (Colección FAO: Alimentación y nutrición, No 27). Roma, Italia. Pp 197.
- FERNANDEZ VALIELA, M. V. 1985.** Introducción a la fitopatología. Vol II: Bacterias, Fisiogénica, Fungicidas, Nemátodos. 3a ed. Argentina. Pp 3-11.
- FREDERIKSEN, R.A and ODVODY, G. N. 2000.** Compendium of sorghum disease. 2a ed. American Phytopathologic Society Press. E.U.A. Pp 6-7.

**GOMEZ GUTIERREZ, O. J y MINELLI, M. 1990.** La producción de semillas. Texto básico para el desarrollo del curso de producción de semillas en la Universidad de Nicaragua. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Producción Vegetal. Managua, Nicaragua. Pp 205.

**HAWKSWORTH, D. L; SUTTON, B. C and AINSWORTH, G. 1983.** Dictionary of the fungi. 7a ed. Inglaterra. Pp 445.

**INETER. 2006.** Dirección general de metodología. Resumen metodológico diario del 2005. Managua, Nicaragua.

**Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). 1999.** Cultivo del sorgo. Guía tecnológica N° 5. INPASA. Managua, Nicaragua. Pp 23.

**INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). 1996.** International Rules for Seed Testing. Rules 1996. Seed Sci. and Technol. 24 Supplement, Roma. Pp 335.

**Programa Internacional colaborativo de Investigación en Sorgo y Mijo (INTSORMIL). 2005.** Memoria del taller utilización del sorgo para grano en Centro América. Hotel Las Mercedes, Managua, Nicaragua. (Disco compacto).

**JAUCH, C. 1985.** Patología vegetal. 3a ed. Edit. El Ateneo. Argentina. Pp 69-73.

**KLEMENT, Z; RUDOLPH, K and SANDS, D.C. 1990.** Methods in Phytobacteriology. Akademi kiado, Budapest. Hungría. Pp 547.

- LANDAVERDE TORUÑO, R. A. 2003.** Las plagas de los productos alimenticios almacenados en la región del OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria). Dirección Técnica de Sanidad Vegetal. Coordinación Regional de Servicio Cuarentenario. San Salvador. Pp 163.
- LESLIE, J. F; SALLEH, B and SUMMERELL, B. A. 2003.** A Utilitarian Approach to *Fusarium* Identification. Plant Disease. Vol. 87 No. 2. Pp 117-127.
- LESLIE, J. F; SUMMERELL, B. A and ZELLER, K . A. 2001.** Icebergs and Species in Population of *Fusarium* . Pp 107-117.
- LINDBLAD, C. y DRUBEN, L. 1979.** Almacenamiento del grano. México D. F. 1a ed. Editorial Concepto S.A. Pp 133-134.
- MANNERS, J. G. 1986.** Introducción a la fitopatología. 1a ed. Editorial Limusa, S.A. México. Pp 32-33.
- MAES, J. M. 1999.** Insectos de Nicaragua. Vol III. Imprenta PRINT- León, Nicaragua. Pp 1898.
- MINISTERIO AGROPECUARIO Y FORESTAL (MAG-FOR). 2005.** Siembra Nacional de granos básicos por cultivo (en línea). Managua, Nic. Consultado el 06 febrero de 2006. Disponible en [http://www.magfor.gob.ni/temática/pnll\\_siembra.html](http://www.magfor.gob.ni/temática/pnll_siembra.html)
- MORENO MARTINEZ, E. 1988.** Manual para la identificación de hongos en granos y sus derivados. Talleres de Impresos de Alba. México D. F. Pp 109.

**MORENO MARTINEZ, E. y GUTIERREZ GIL, M. 1991.** La biología de *Aspergillus flavus* y la producción de aflatoxinas. 1a ed. Talleres de Litorama, S.A. México, D. F. Pp 42.

**ORTIZ, C. A. 1992.** Manual de procedimientos para el análisis de aflatoxinas. México. Pp 220.

**Discolor & roseum. En.: Fusarium 2003.** Kansas State University. Manhattan, Kansas (EUA). (Taller de Fusarium en EUA)

**POUNCH DOMNES, F. and ITO, K. 2001.** Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 4a ed. American Public Health Association, Washington, D.C. Pp 659.

**RAMIREZ GENEL, M. 1981.** Almacenamiento y conservación de granos y semillas. 8a ed. C.E.C.S.A. México, D. F. Pp 169-170.

**SALAS, J. 1995.** *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) su presencia en la región centro occidental de Venezuela (en línea). Barquisimeto. Ve. FONALAP. Centro de Investigación Agropecuario Lara. Consultado 07 feb. 2006. Disponible en [http://www.redpav-fpolar.info.ve/agrotrop/v45\\_4/v454a110.html](http://www.redpav-fpolar.info.ve/agrotrop/v45_4/v454a110.html)

**SHCNEIDER, K. 1995.** Microorganismos su importancia y control. Programa Regional Postcosecha. Pp 13.

**SCHAAD, N. W. 1980.** Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria. APS. E.E.U.U. Pp 36.

**SAUNDERS, J.L. 1998.** Plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. 2a ed. Turrialba, Costa Rica: CATIE. Pp 35-44.

**SAMSON, R. A and van REENEN- HOEKSTRA, E. S. 1988.** Introduccion to food-borne fungi. 3a ed. Centraalbureau voor Schimmelcultures (CBS). Netherlands. Pp. 296.

**TETES, G. L. 1983.** Manual para la identificación de las plagas insectiles del sorgo. Boletín de información, No 2. ICRISAT, India. Pp 71.

**TOUSSOUN, T. A y NELSON, P. s. f.** Guía ilustrativa para la identificación de Fusarium. 2a ed. sl. Pp 68

**Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano-Cooperación Suiza al Desarrollo (COSUDE). 1994.** Curso internacional sobre conservación y mercadeo de granos. Tegucigalpa, Honduras.

ANEXOS

## **Anexo 1. Materiales utilizados en la investigación.**

- 1- Sonda manual.
- 2- Humedímetro (Motomco - 919)
- 3- Panas Cribas 5/64
- 4- Microscopio
- 5- Estereoscopio
- 6- Pana ciega
- 7- Platos petri (Pequeños y grandes)
- 8- Medios de cultivos (PDA, Czapek, Agar con hojas de clavel, YDC, KB y Ps. A)
- 9- Lector portátil (agrin-scan), espectrofotómetro
- 10- Bolsas de plásticas
- 11- Calador o muestreador simple.
- 12- Cajas especiales para la siembra de semilla
- 13- Porta y cubre objeto.
- 14- Lacto fenol.
- 15- Papel parafina.
- 16- Asas de diferentes medidas.
- 17- Pincho.
- 18- Alcohol al 70%.
- 19- Frascos pequeños de vidrio.
- 20- Termómetro de mercurio.
- 21- Homogenizador divisor tipo Boerner.
- 22- Mechero.
- 23- Papel filtro (Fisherbrand) 9 cm y de 15 cm.
- 24- Papel filtro Whatman # 43 o No 597.
- 25- Papel filtro White Ribbon No 589.
- 26- Papel filtro fibra de vidrio.
- 27- Minicolumna Aflates.
- 28- Cuarteador.
- 29- Microfiltro de malla.
- 30- Pipetas graduadas de 10 ml
- 31- Pipetas volumétricas de 2 y 3 ml.
- 32- Tubos de vidrio con tapón de 30 ml.
- 33- Bascula granataria (Ohaus)

## **Anexo 2. Reactivos, preparación y procedimientos para el análisis de aflatoxinas.**

### **REACTIVOS**

- ❖ **Solución A:** Mezclar 80 ml de Metanol grado reactivo con 20ml de agua destilada.
- ❖ **SOLUCION B:** Disolver 6.0 g de NaCl y 6.0 g de Acetato de Zinc en 40 ml de agua destilada y adicionar 0.15 ml de Ácido acético concentrado.
- ❖ **SOLUCION C:** Mezclar 80 ml de Hexano más 20 ml de Acetona.
- ❖ **Benceno. R. A**
- ❖ **Etanol. R. A**
- ❖ **Agua destilada**
- ❖ **Hexano. R. A**
- ❖ **Acido acético Glacial. R. A**

### **PREPARACION DE LAS MINICOLUMNAS**

Primeramente se colocó en la parte inferior de la columna papel filtro Whatman # 43 o su equivalente No 597(Schleicher & Schuell).

Seguidamente se adicionó 15 mm de florisil (Silicato de Magnesio R. A) y 15 mg de Oxido de Aluminio neutral (100-200 mesh) respectivamente, separando ambos reactivos con papel filtro # 597.

Seguido se colocó en la parte superior de la minicolumna papel filtro # 597 para luego sellar la columna con un tapón de algodón.

### **ENSAYO**

Primeramente de las muestras obtenidas se cuartearon y se pesaron 50 g de granos, para triturarlos junto con 100 ml de solución A en una licuadora de laboratorio.

Se filtró el extracto obtenido por un microfiltro de maya, usando papel filtro # 589 White Ribbon o S&S # 597, para luego colectar 10 ml del extracto directamente en el tubo de ensayo (vidrio) limpio y seco.

Al extracto se le agregó 10 ml de solución B, para luego taparse usando un empaque de plástico y agitarlo por 10 seg.



Seguido el extracto se filtró por un microfiltro de maya usando papel filtro, fibra de vidrio para coleccionar 15 ml del extracto directamente en un tubo de ensayo limpio y seco.

Al extracto se le adiciónó 3 ml de benceno, se tapó usando un empaque de plástico para agitarlo por 10 sg. Luego se dejó en reposo hasta separar el benceno de la capa acuosa.

A la minicolumna, sometida al vacío moderado se le adiciónó 10 ml de etanol más 2 ml de la capa bencénica y 10 ml de solución C.

Por último, se retiró la minicolumna del vacío y se observó bajo luz ultravioleta de onda larga. En caso que existiera aflatoxinas en la muestra se observaría en el centro de la minicolumna un área fluorescente de color azul.

### **Anexo 3. Medios micológicos para identificación de hongos.**

**CZ:** Czapek agar (CBS)

- Sacarosa            30.0
- NaNO<sub>3</sub>            3.0
- K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>            1.0
- KCl                0.5
- MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O        0.5
- FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O        0.01
- Agar                15.0
- pH=6.0-6.5

**CLA:** (Carnation leaf agar) Agar con hojas de clavel. Fischer *et al.*, 1982.

- 1 20g de agar en 1lt de agua destilada.
- 2 Una a dos hojas por cada plato petri con medio.

**Anexo 4. Algunas micotoxinas producidas por géneros de hongos de campo y almacén**

Hongos de campo		Hongos de almacén		
Hongo	Toxinas	Hongo	Toxinas	
<i>F. moniliforme</i>	Moniliformina	<i>A. niger</i>	Malformina	
	Zearalenona		Ácido oxálico	
	Fusarina			
<i>F. oxysporum</i>	Zearalenona	<i>A. flavus</i>	Aflatoxina	
	Moniliformina		Acido aspergilico	
<i>F. avenaceum</i>	Moniliformina	<i>A. fumigatus</i>	Viriditoxina	
	Tricotecenos		Gliotoxina	
			Fumagilina	
<i>F. tricintun</i>	Tricotecenos	<i>A. parasiticus</i>	Aflatoxinas	
			Acido aspergilico	
			Acido kojico	
<i>F. solani</i>	Ácido fusarico	<i>A. terreus</i>	Citrinina	
	Naphthoquinona		Gliotoxina	
			Patulina	
<i>Alternaria sp.</i>	Alternariol	<i>A. wentii</i>	Emodina	
	Acido ternazonico		Acido kojico	
		<i>A. ustus</i>	Acido kojico	
			Austamida	
			xantocilina X	
		<i>P. camemberti</i>	Ácido cyclopiazonico	
			<i>P. viridicatum</i>	Ocratoxinas
				Viridicatina
Citrinina				
		<i>P. expansum</i>	Patulina	
			Citrinina	

Tomado de Moreno Martínez, E; Samson, R.A. 1988

**Anexo 5. Encuesta aplicada para el diagnóstico para calidad fitosanitaria**



**Universidad Nacional Agraria  
Facultad de Agronomía  
Departamento de Protección Agrícola y Forestal**

*“Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible”*

**ENCUESTA A ACOPIOS DE SORGO**

Fecha: \_\_\_\_\_

Zona: \_\_\_\_\_

Departamento: \_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_

División: \_\_\_\_\_

Nombre del Dueño: \_\_\_\_\_

Forma de almacenamiento: \_\_\_\_\_

Cuánto almacenó en el (los) silo (s) qq (lo sienta) \_\_\_\_\_

Sorgo: \_\_\_\_\_ Fríjol: \_\_\_\_\_ Arroz: \_\_\_\_\_ Otros: \_\_\_\_\_

Cuanto almacenó en otras estructuras (en qq)

Maíz: \_\_\_\_\_ Sorgo: \_\_\_\_\_ Fríjol: \_\_\_\_\_ Arroz: \_\_\_\_\_ Otros: \_\_\_\_\_

Número de silos que posee: \_\_\_\_\_

Tamaño del silo: 4qq \_\_\_\_\_ 8qq \_\_\_\_\_ 12qq \_\_\_\_\_ 18qq \_\_\_\_\_

30qq \_\_\_\_\_ otros \_\_\_\_\_

Fecha del último llenado: Mes: \_\_\_\_\_ año: \_\_\_\_\_

Tipo de grano en este silo: Maíz: \_\_\_\_\_ Sorgo: \_\_\_\_\_ Fríjol: \_\_\_\_\_

Arroz: \_\_\_\_\_ otros: \_\_\_\_\_

Cantidad del grano almacenado en este silo \_\_\_\_\_ qq

Cuánto días de sol le dio al grano: \_\_\_\_\_

Humedad actual del grano en medida SAMAP con ajustes T°: \_\_\_\_\_ %

El grano lo consideró que estaba seco: Si. \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

Fumiga el grano almacenado: Si: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

Qué producto utiliza: Pastilla: \_\_\_\_\_ Dosis: \_\_\_\_\_ Producto Químico: \_\_\_\_\_ Producto Natural: \_\_\_\_\_

Presencia de Insecto (s) vivo(s) : Si: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

Después de cuanto meses encontró insectos y/o muchos: \_\_\_\_\_

**Tamaño de la muestra:**

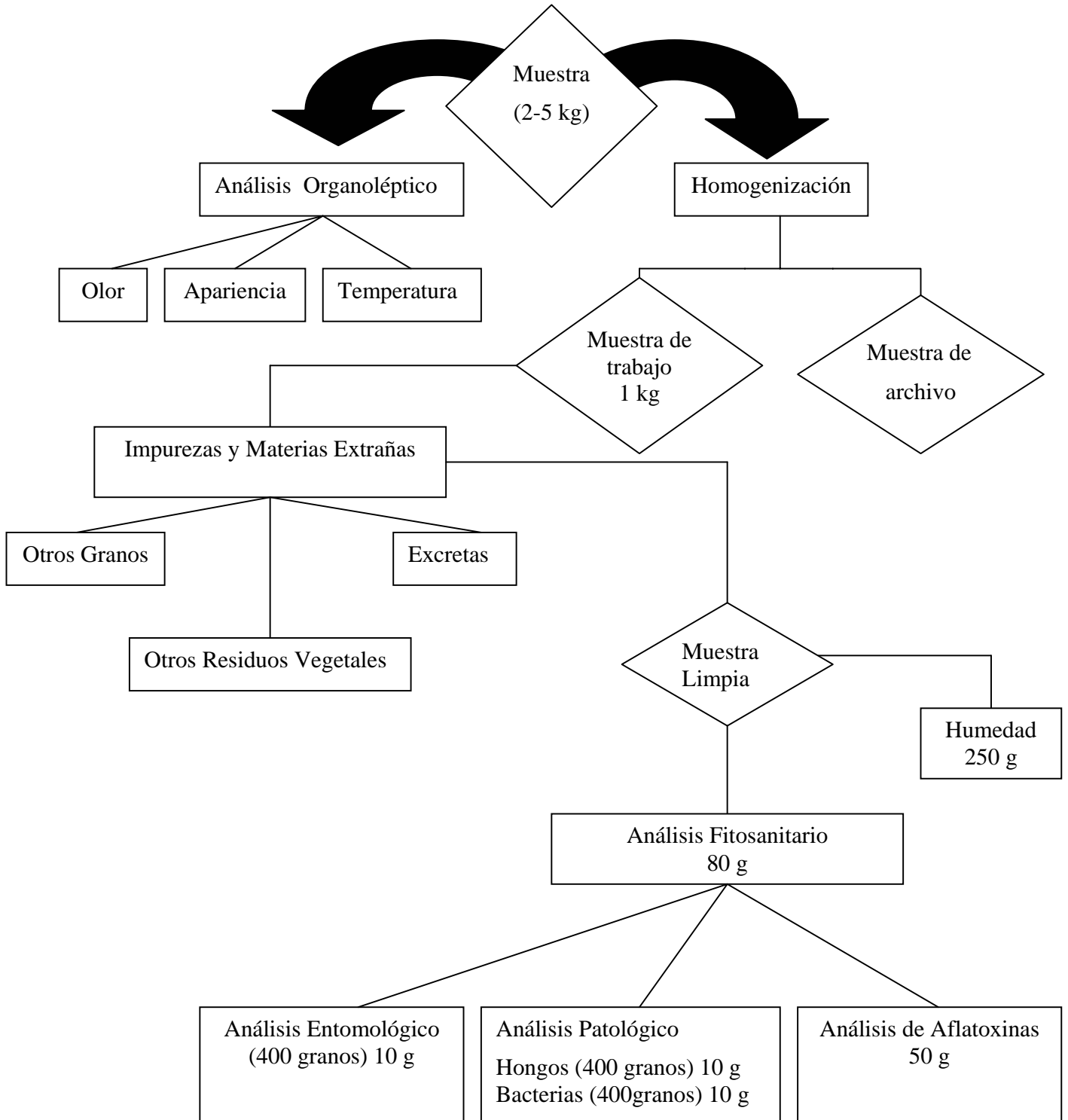
Olor: \_\_\_\_\_

Apariencia: \_\_\_\_\_

T° \_\_\_\_\_

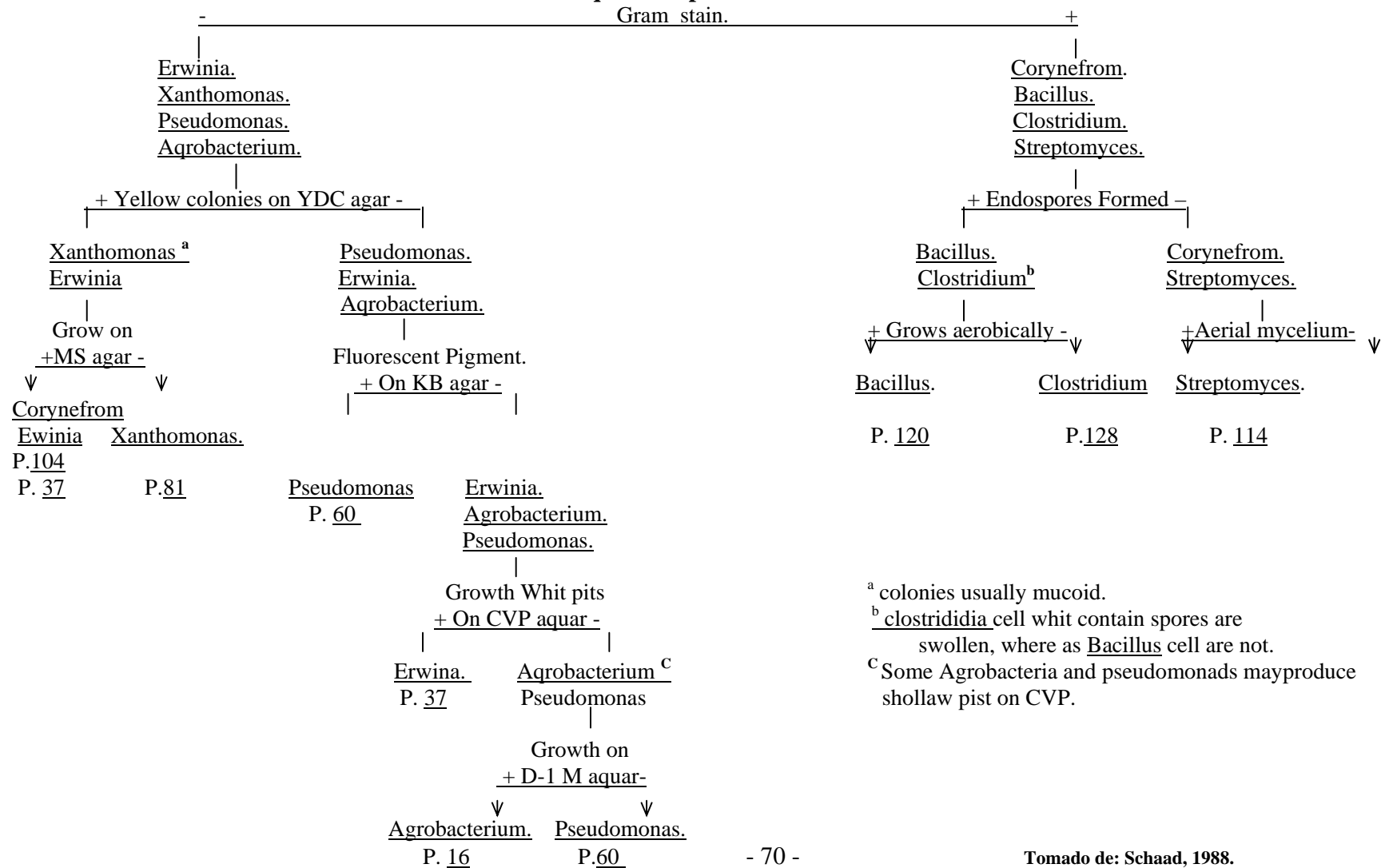
Humedad: \_\_\_\_\_

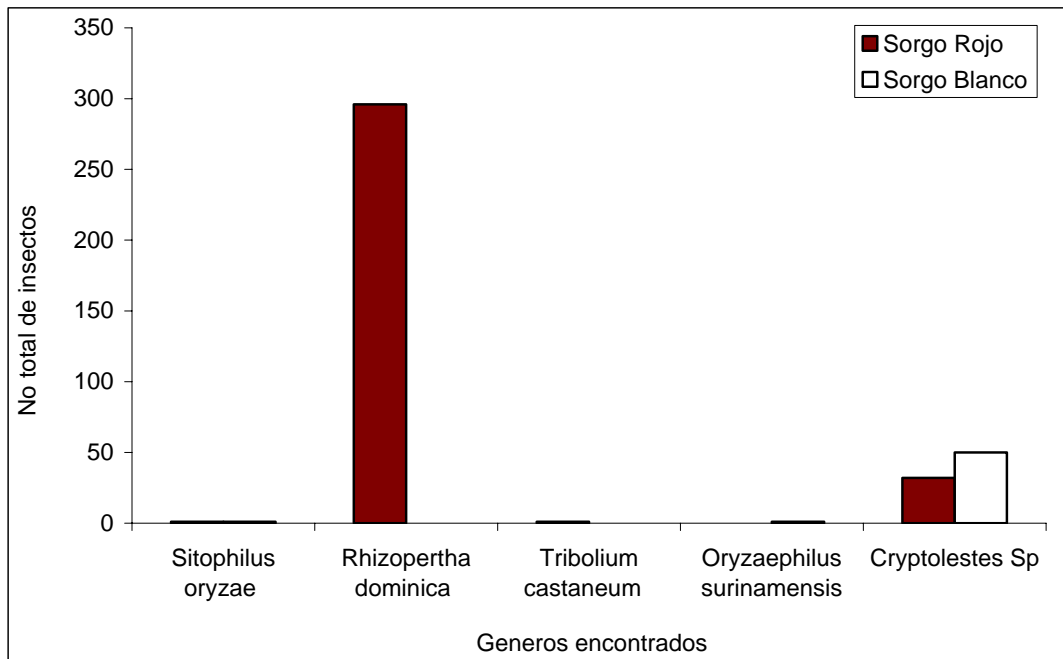
**Anexo 6. Secuencia analítica de la toma de muestra en granos de sorgo**



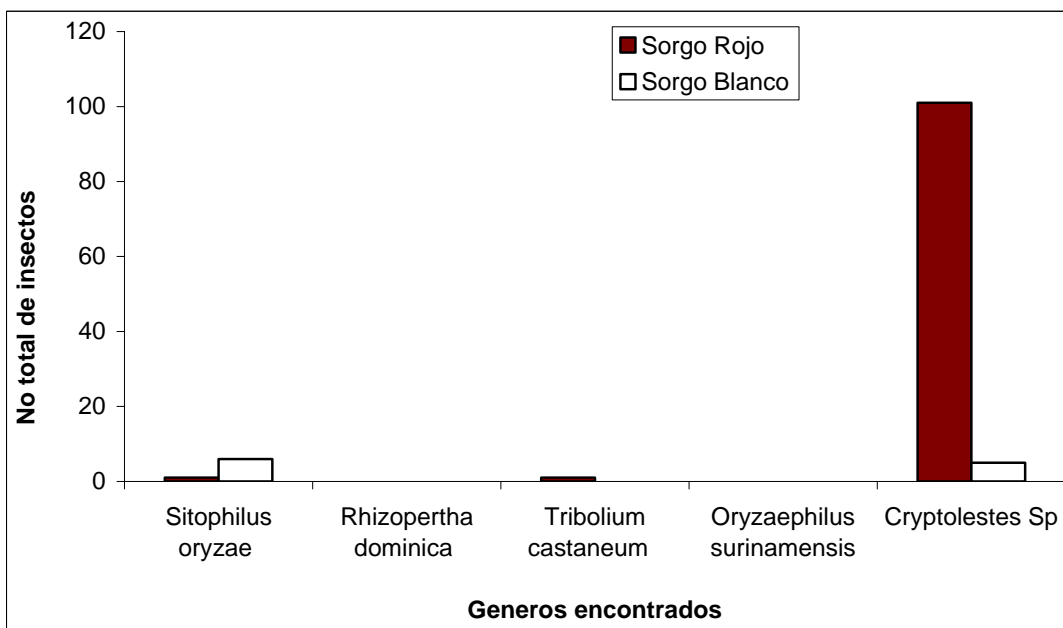
Tomado de: El Zamorano, 1994 (Modificado para el estudio calidad fitosanitaria, 2006)

## Anexo 7. Pruebas bioquímicas para la identificación de bacterias

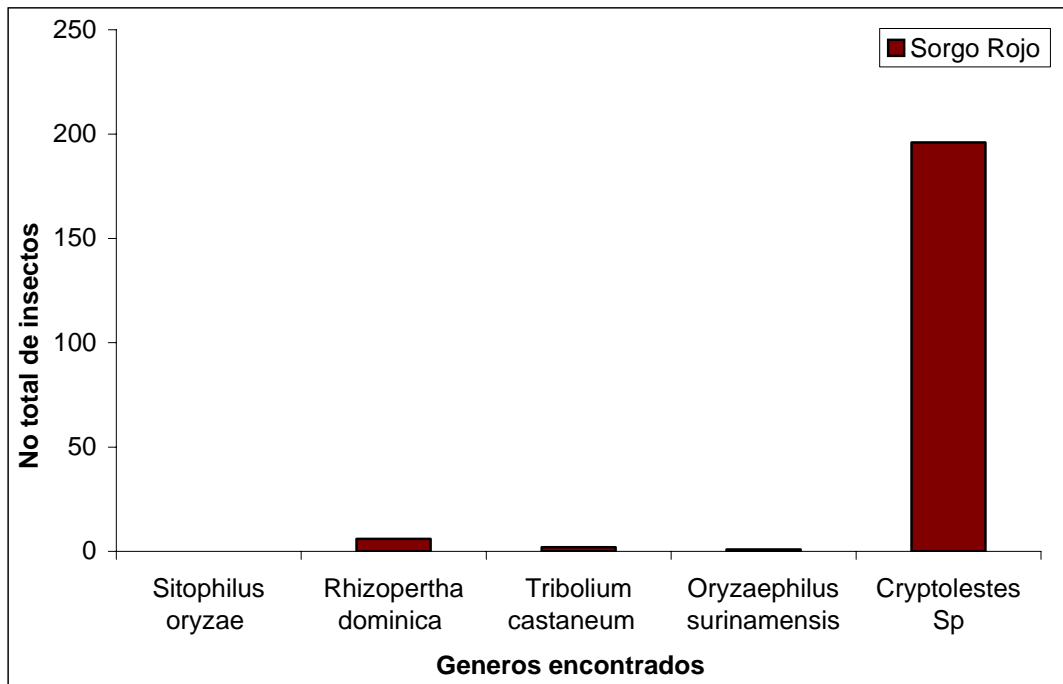




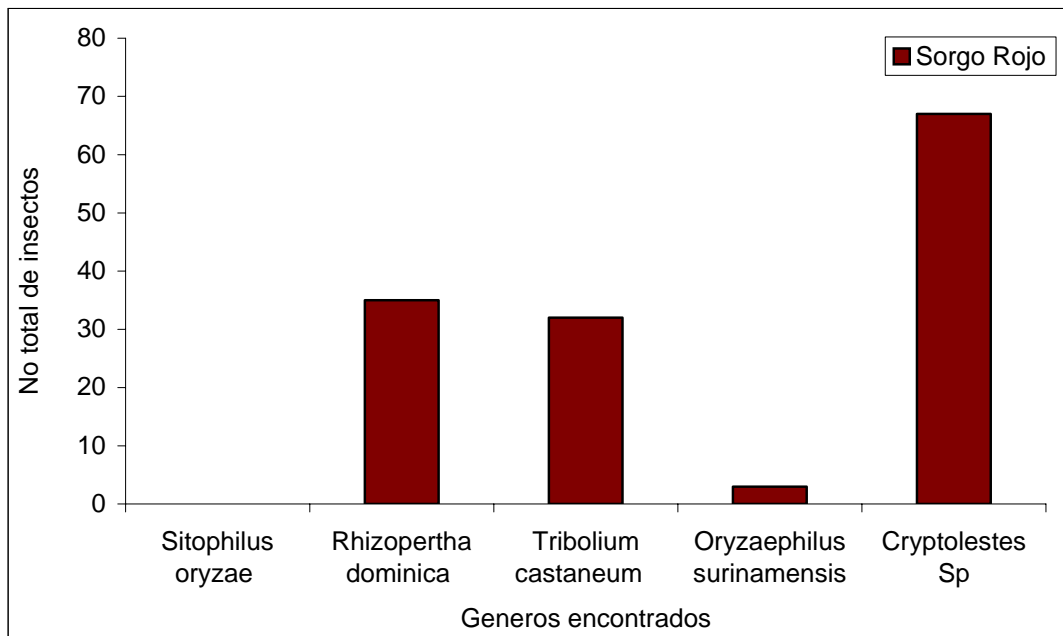
**Anexo 8. Número total de insectos en granos e impurezas de sorgo rojo y blanco en MEBASA, 2005**



**Anexo 9. Número total de insectos en granos e impurezas de sorgo rojo y blanco en ENABAS, 2005**

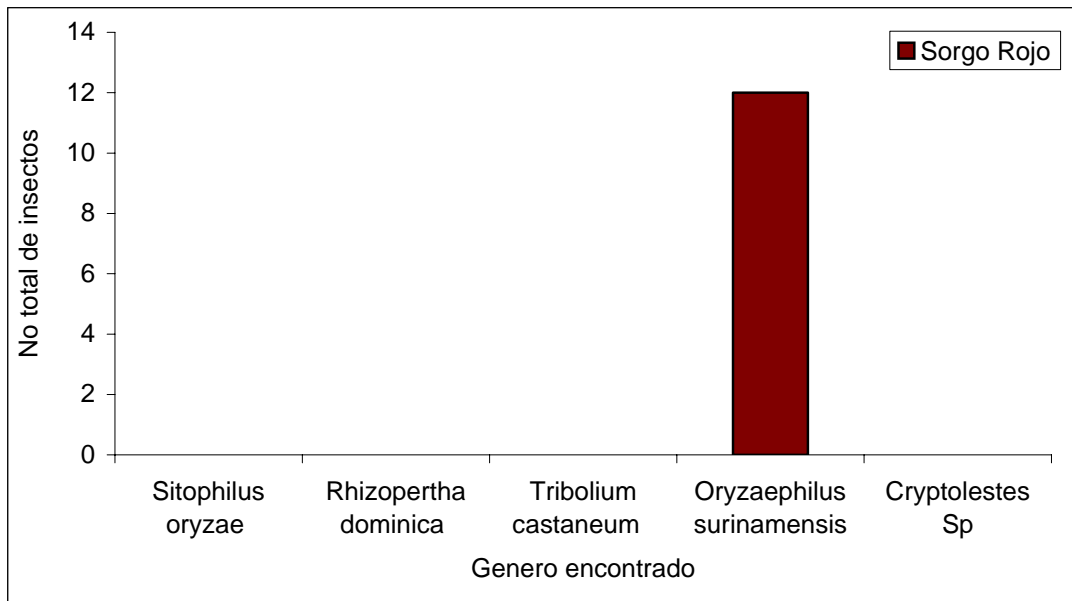


**Anexo 10. Número total de insectos en granos e impurezas de sorgo rojo en INDAVinsa, 2005**

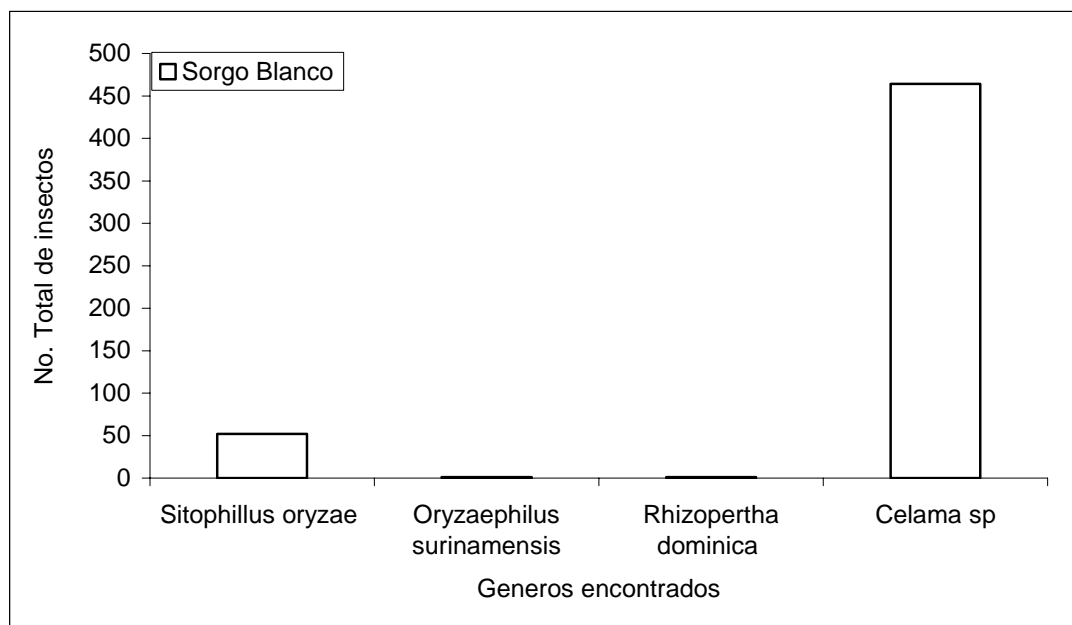


**Anexo 11. Número total de insectos en granos e impurezas de sorgo rojo en SERCOSA, 2005**

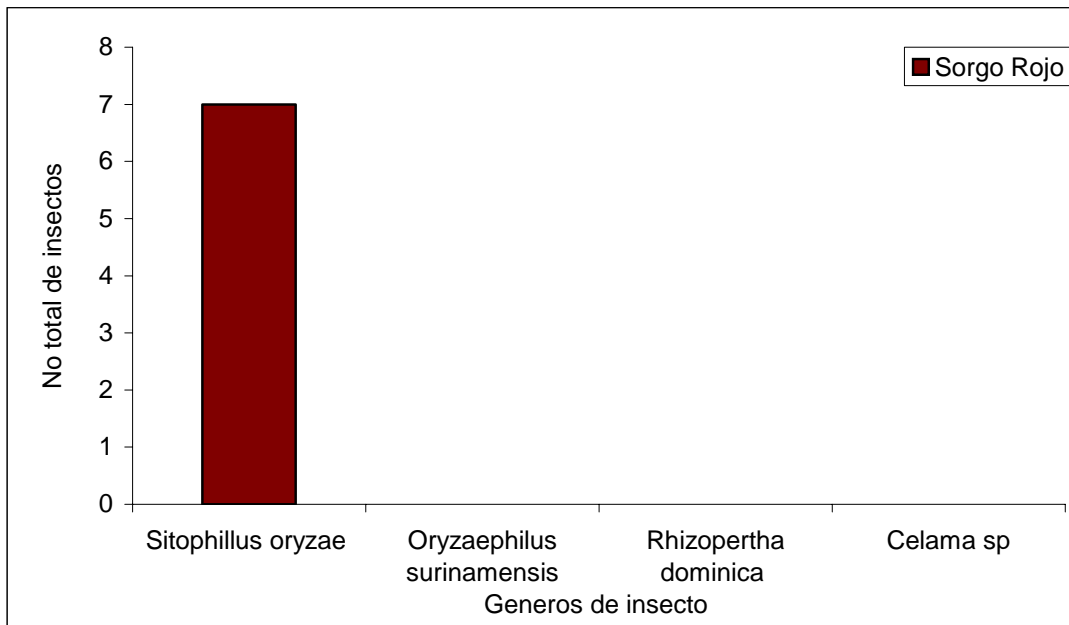




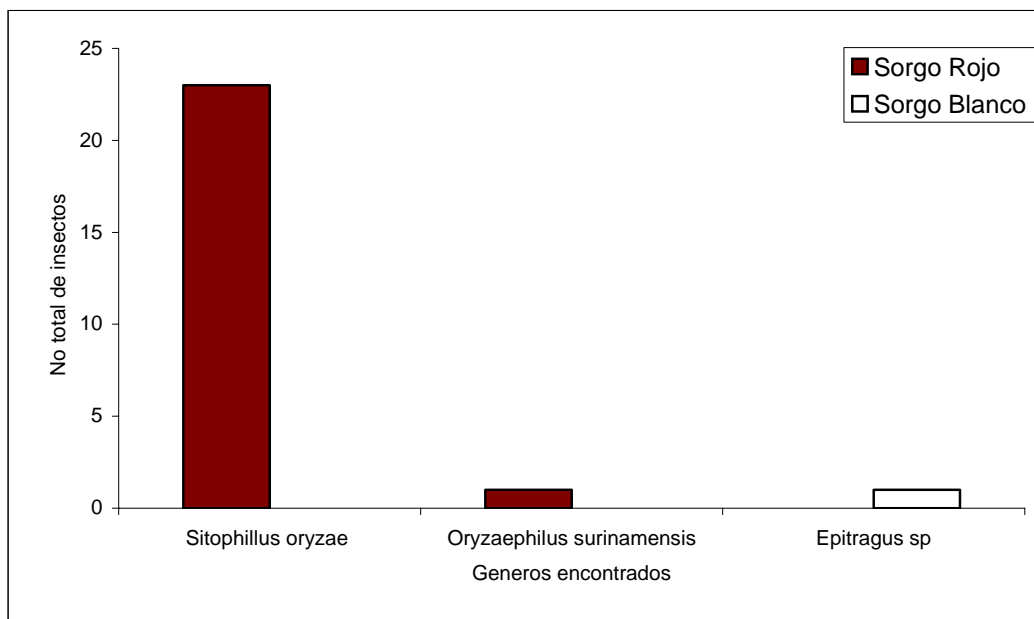
**Anexo 12. Número total de insectos en granos e impurezas de sorgo rojo en MONISA, 2005**



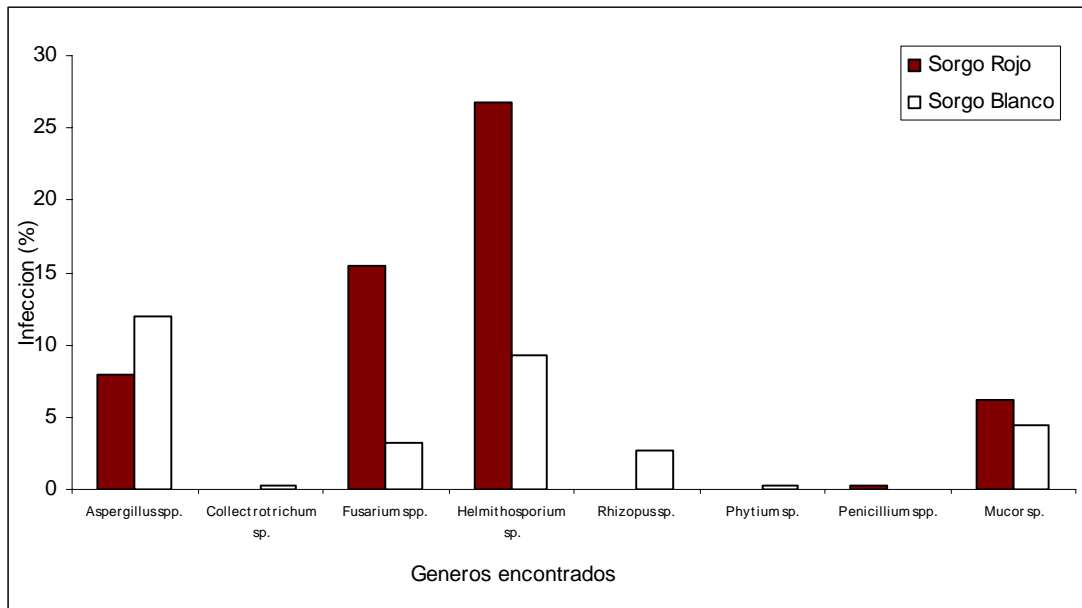
**Anexo 13. Número total de insectos en granos e impurezas de sorgo blanco en la finca El Paraíso del productor José Barcenas en época de postrera, 2005**



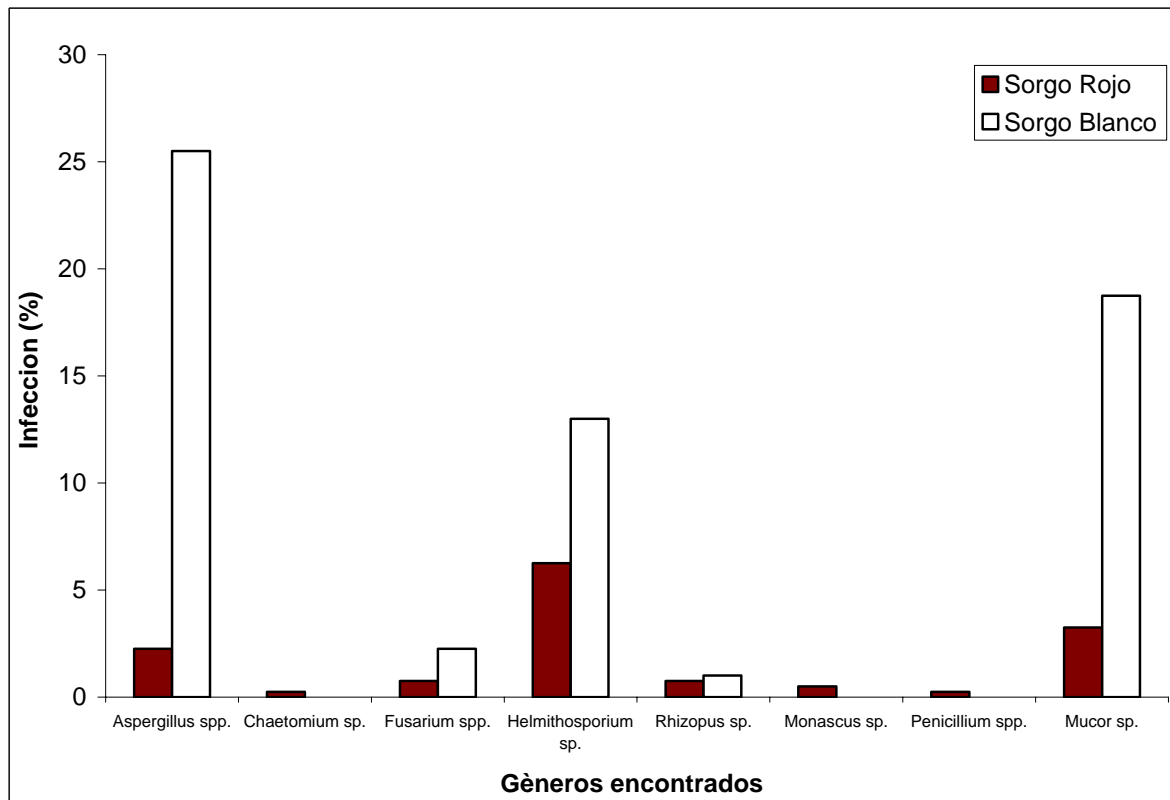
**Anexo 14. Número total de insectos en granos e impurezas de sorgo rojo en la finca El Paraíso del productor José Barcenas en época de primera, 2005**



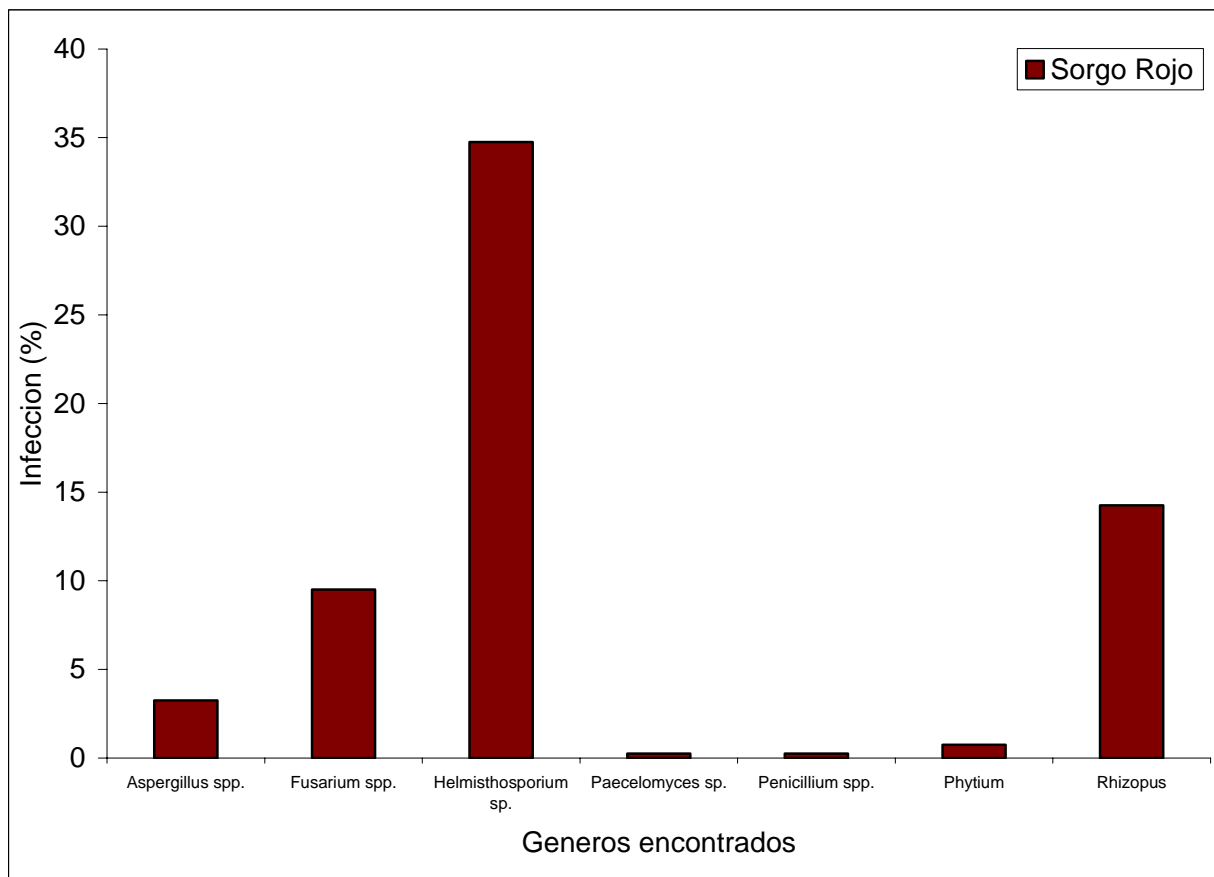
**Anexo 15. Número total de insectos en granos e impurezas de sorgo rojo y blanco en la finca Ranchería del productor Enrique Saravia en época de postrera, 2005**



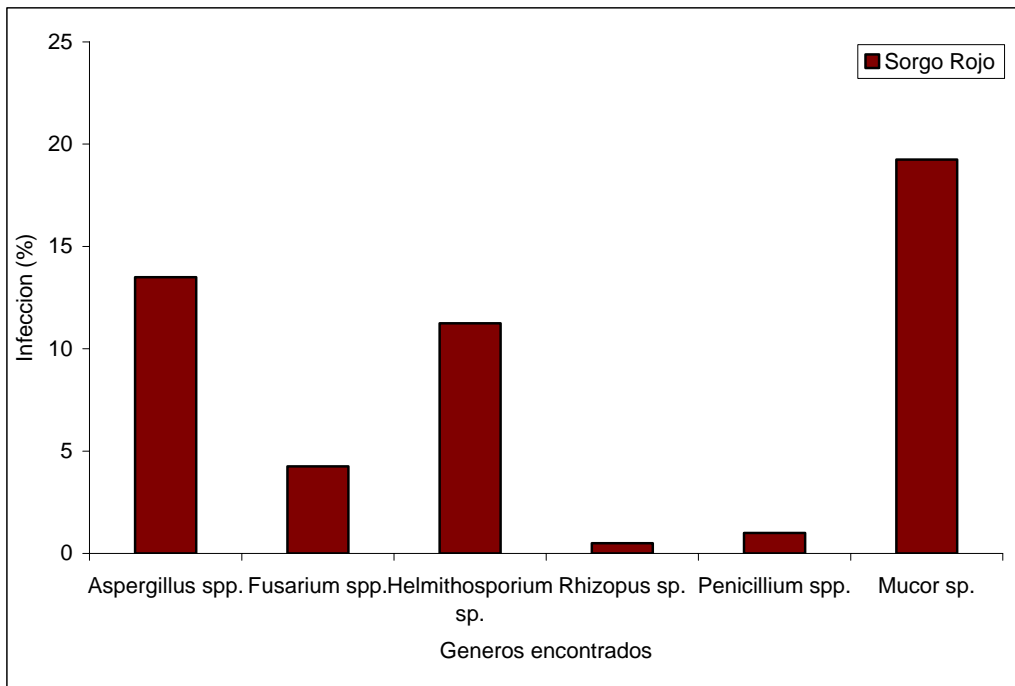
**Anexo 16. Porcentaje de infección en granos de sorgo rojo y blanco por géneros de hongos en MEBASA, 2005**



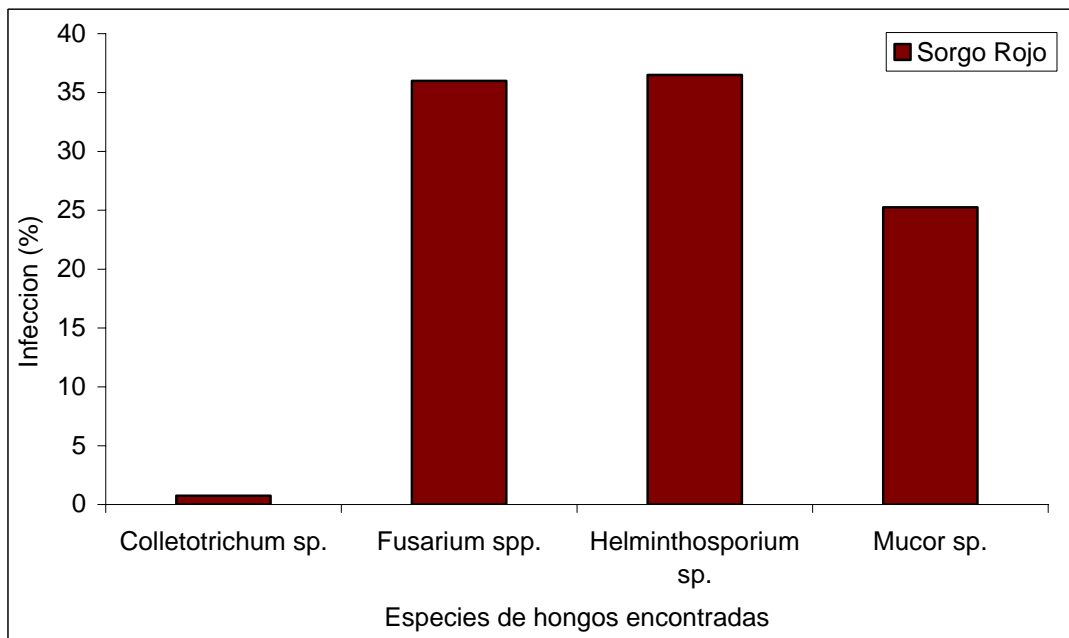
**Anexo 17. Porcentaje de infección en granos de sorgo rojo y blanco por géneros de hongos en ENABAS, 2005**



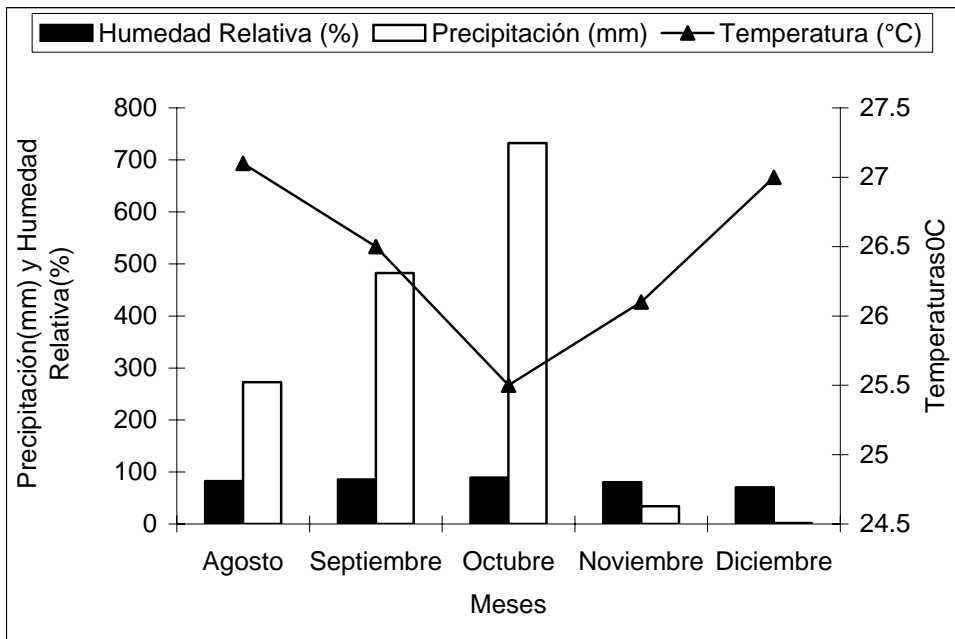
**Anexo 18. Porcentaje de infección en granos de sorgo rojo por géneros de hongos en INDAVINSA, 2005**



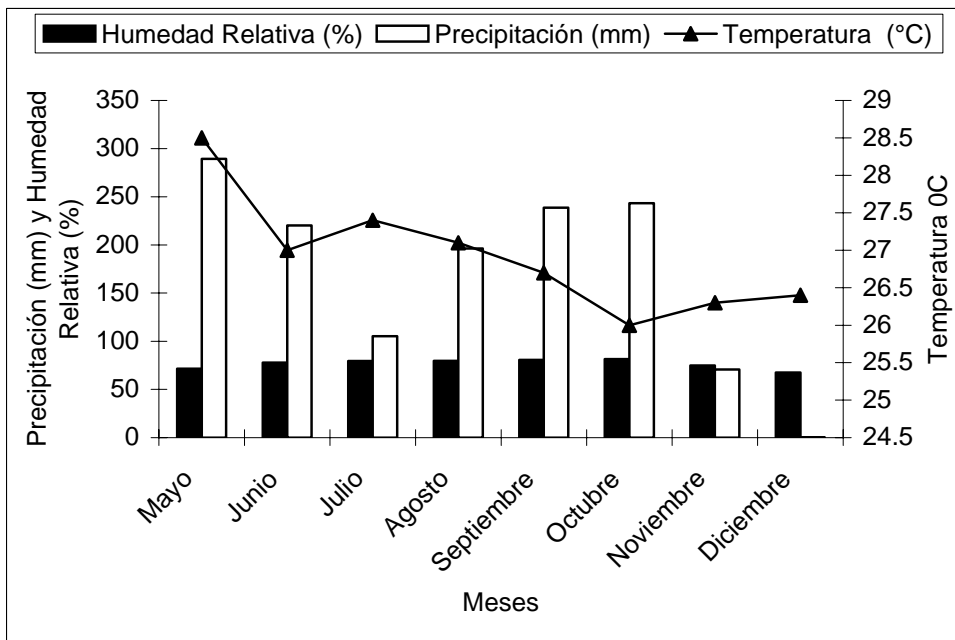
**Anexo 19. Porcentaje de infección en granos de sorgo rojo por géneros de hongos en SERCOSA, 2005**



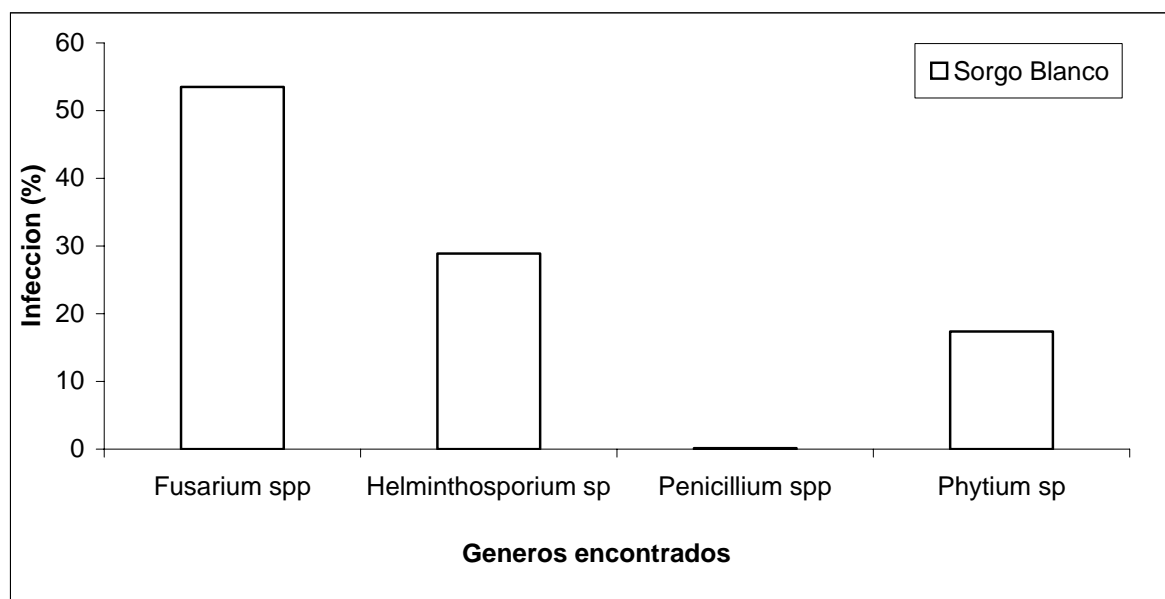
**Anexo 20. Porcentaje de infección en granos de sorgo rojo por géneros de hongos en MONISA, 2005**



**Anexo 21. Condiciones climatológicas de la finca San Isidro, Villa 15 de julio, Chinandega, agost. – dic. 2005 (INETER, 2006)**



**Anexo 22. Condiciones climatológicas de la finca El Paraíso, Tisma, Masaya, May-Dic 2005 (INETER, 2006)**



**Anexo 23. Porcentaje de infección en granos de sorgo blanco por géneros de hongos en la finca El Paraíso del productor José Barcena en época de postrera, 2005**

**Anexo 24. Porcentaje de infección por bacterias y bacillus en muestras de sorgo colectadas en las diferentes industrias y empresas almacenadoras de Nicaragua, 2005**

Procedencia de la muestra		Infección (%)	
		Bacterias	Bacillus
MEBASA	S. Rojo	25	52.5
	S. Blanco	16	46
ENABAS	S. Rojo	10.75	38.25
	S. Blanco	16	42
INDAVINSA	S. Rojo	12	43.25
SERCOSA	S. Rojo	1	89.25
MONISA	S. Rojo	37	40.25

**Anexo 25: Caracterización morfológica de especies de *Fusarium* en granos de sorgo.**

Muestras de campo	Características en CLA						Características en PDA	Especie
	Microconidia			Fialides	Clamidiosporas	Macroconidia	Pigmentación	
	+/-	Cabeza / cadenas	Forma			Forma		
J.B/Postrera	+	Si / cadena	Unicelulares. Alargadas. Clávate	Si / mono	No/PDA No/CLA		Rosado / blanco aéreo	<i>F. roseum</i>
J.B/Primera	+	Agrupada	Clávate	Si / agrupadas. Polifialides	No/PDA No/CLA	No	Rosado poca pigmentación/ Micelio aéreo rosado	<i>F. solani</i>
E.S / S. Blanco	+	Si	Unicelulares. Clávate	Si / Polifialides	No/PDA No/CLA	No	Pigmento y crecimiento aéreo rosado / blanco	<i>F. solani</i>

Muestras de almacén	Características en CLA						Características en PDA	Especie
	Microconidia			Fialides	Clamidiosporas	Macroconidia	Pigmentación	
	+/-	Cabeza / cadenas	Forma			Forma		
MEBASA S.Rojo	+	Si	Unicelulares. Clávate	mono	Si/PDA No/CLA	No/PDA Si/CLA	Rosado / no solo Microconidias	<i>F. roseum</i> / verticiliada
MEBASA S. Blanco	+	Cadena / si	Unicelulares. Clávate	mono	Si/PDA No/CLA	Si/PDA No tiene punta	Rosado / violeta bajo.	<i>F. solani</i>
INDAVINS A S.Rojo	+	Si	Clávate	mono	No/PDA No/CLA	No/PDA No/CLA	Violeta/Lila. Micelio aéreo Blanco	<i>F. oxysporum</i>



**Anexo 26. Resultados del análisis de aflatoxinas en granos de sorgo rojo y blanco recolectados en las diferentes industrias y empresas almacenadoras de Nicaragua, 2005**

<b>MUESTRA</b>	<b>AFLATOXINAS(B<sup>1</sup>, B<sup>2</sup>, G<sup>1</sup>, G<sup>2</sup>)</b>
Sorgo Rojo M-1 MONISA Limpia (12-09-05) N/Ref. LB/18,991	<20 p.p.b.
Sorgo Rojo M-2 INDAVINSA Limpia (02-08-05) N/Ref. LB/18,992	<20 p.p.b.
Sorgo Rojo M-3 SERCOSA (12-08-05) N/Ref. LB/18,993	<20 p.p.b.
Sorgo Rojo M-4 ENABAS (10-06-05) N/Ref. LB/18,994	<20 p.p.b.
Sorgo Blanco M-5 ENABAS (10-06-05) N/Ref. LB/18,995	<20 p.p.b.
Sorgo Rojo M-6 MEBASA N/Ref. LB/18,996	<20 p.p.b.
Sorgo Blanco M-7 MEBASA N/Ref. LB/18,997	<20 p.p.b.

**NOTA:** p.p.b.= µg/kg (microgramos por kg) en el Sistema Internacional de Unidades  
Método: A.O.A.C. XV ed. Mini columnas según Ch. E. Holiday, y John Lansden.

## PLAGAS PRIMARIAS



**Foto 1.** Adultos del gorgojo del arroz *Sitophilus oryzae* (L.). **A.** Vista dorsal de las depresiones circulares del protórax; **B.** Vista dorsal de los élitros con cuatro manchas de color amarillento; **C.** Vista lateral (Calidad fitosanitaria, U.N.A).



A



B



C

**Foto 2.** Adultos del pequeño barrenador de los granos *Rhizopertha dominica* (F.)  
A, B vista lateral; C. Vista lateral del protórax (Calidad fitosanitaria, U.N.A).

### PLAGAS SECUNDARIAS



**Foto 3.** Adultos del gorgojo castaño de la harina *Tribolium castaneum* (Herbst J. Du. Val.)  
A. Vista dorsal; B. Vista dorsal del protorax (Calidad fitosanitaria, U.N.A).



**Foto 4.** Adultos del gorgojo dentado de los granos *Oryzaephilus suranemensis* (L.)  
A. Vista dorsal; B. Vista dorsal del protórax y cabeza (Calidad fitosanitaria, U.N.A).



**A** **B**

**Foto 5.** Adultos del gorgojo ferruginoso *Cryptolestes* sp. **A.** Vista dorsal; **B.** Vista laterales (Calidad fitosanitaria, U.N.A).

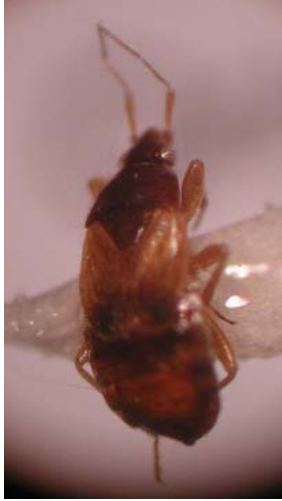
*Celama* sp.



**A** **B**

**Foto 6.** Adultos del telarañero del sorgo *Celama* sp. **A.** Vista dorsal; **B.** Vista ventrales (Calidad fitosanitaria, U.N.A).

## DEPREDADORES NATURALES



A



B



C

**Foto 7.** Adulto de *Orius* sp. **A.** Vista dorsal; **B, C.** Vista lateral y forma de estilete (Calidad fitosanitaria, U.N.A).

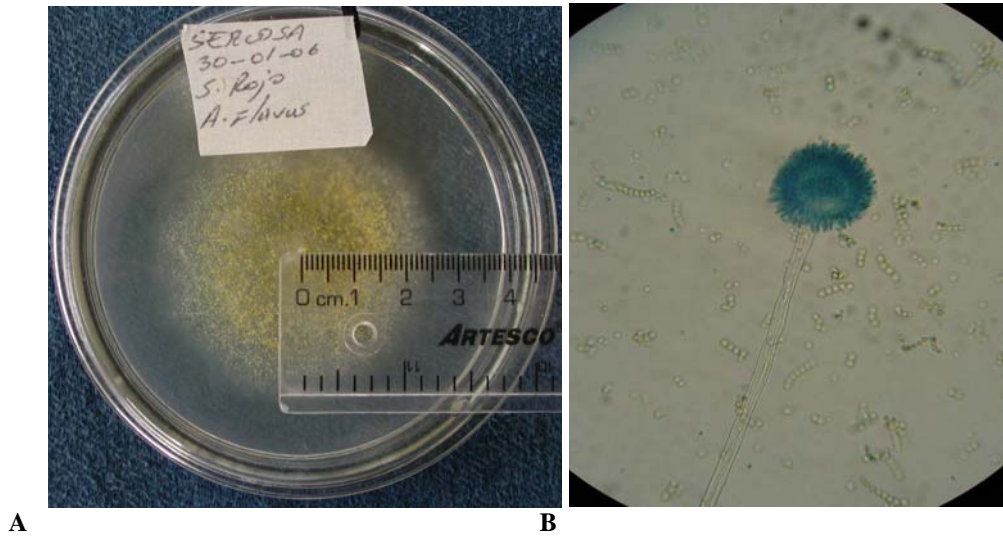
## Parasitoide



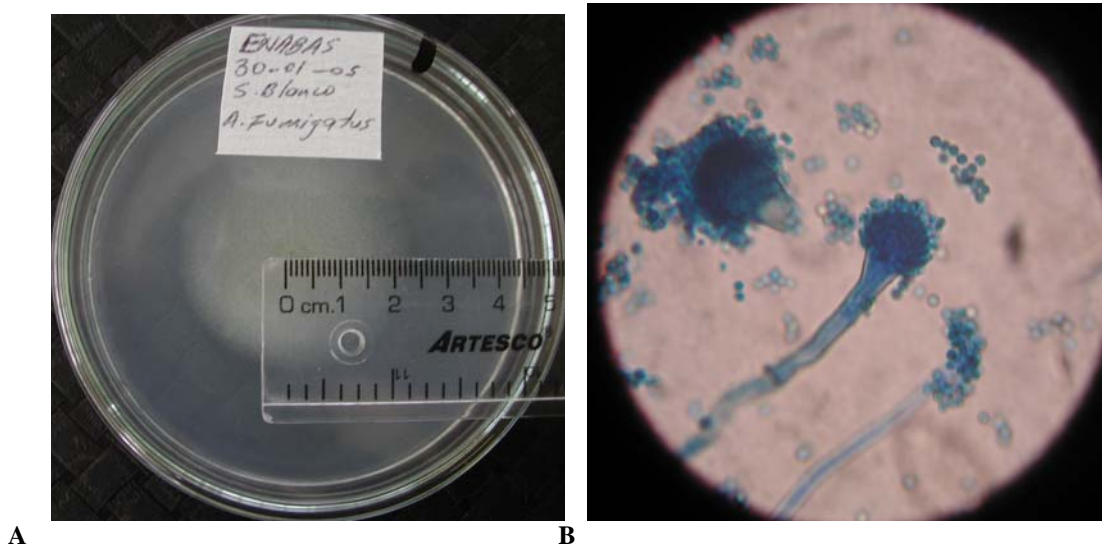
**Foto 8.** Adulto de la familia Bethylidae. Vista dorsal (Calidad fitosanitaria, U.N.A).



**Aspergillus Mich.: Fr**



**Foto 9.** *Aspergillus flavus* Link. **A.** Colonias después de una semana en Cz; **B.** Cabeza conidial y conidias (Calidad fitosanitaria, U.N.A).



**Foto 10.** *Aspergillus fumigatus* Fres. **A.** Colonias después de una semana en Cz; **B.** Cabeza conidial y conidias. (Calidad fitosanitaria, U.N.A)

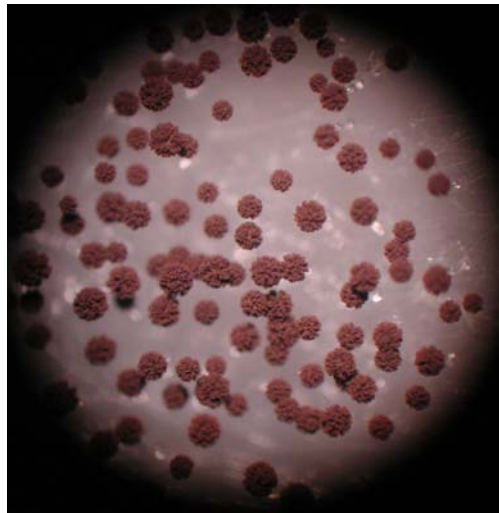




A



B

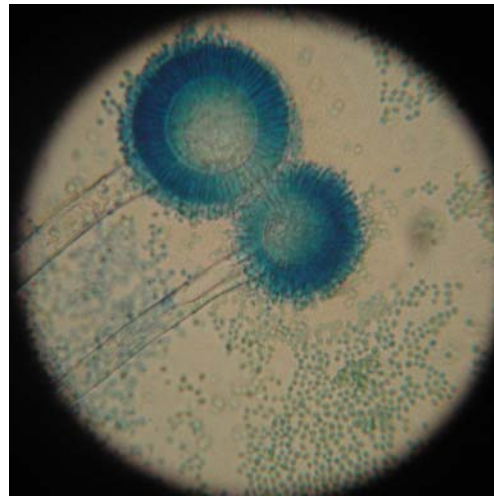


C

**Foto 11.** *Aspergillus niger* van Tieghem. **A.** Colonias después de una semana en Cz; **B.** Cabeza conidial; **C.** Cabezuelas conidiales creciendo en Cz (Calidad fitosanitaria U.N.A).

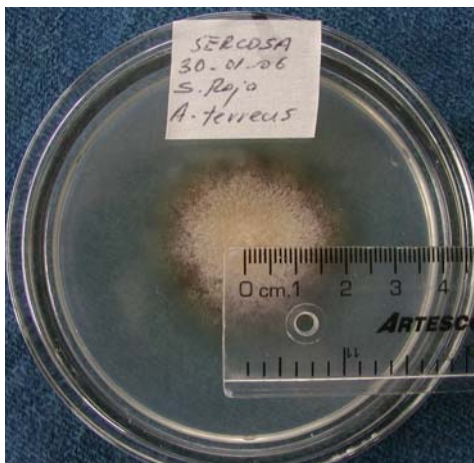


A



B

**Foto 12.** *Aspergillus parasiticus* Speare. **A.** Colonias después de una semana en Cz; **B.** Cabeza conidial y conidias. (Calidad fitosanitaria, U.N.A)

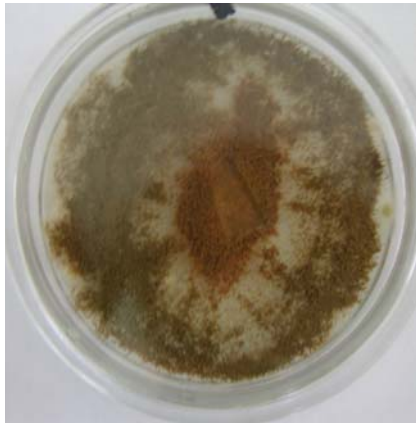


A

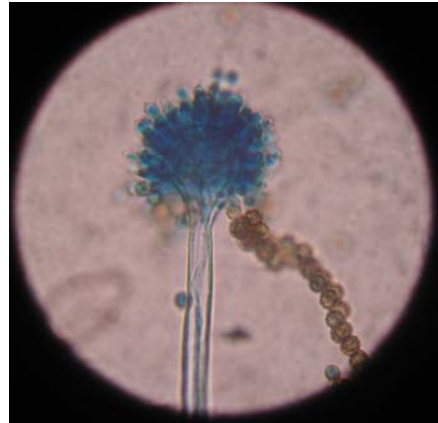


B

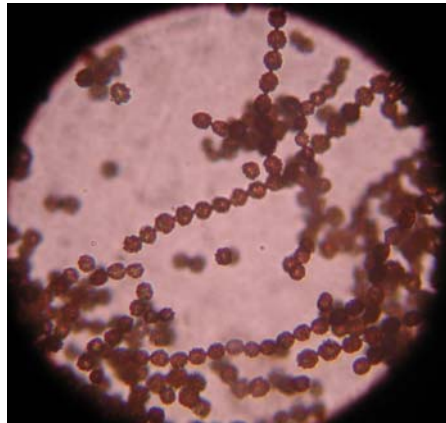
**Foto 13.** *Aspergillus terreus* Thom. **A.** Colonias después de una semana en Cz; **B.** Cabeza conidial (Calidad fitosanitaria, U.N.A).



A

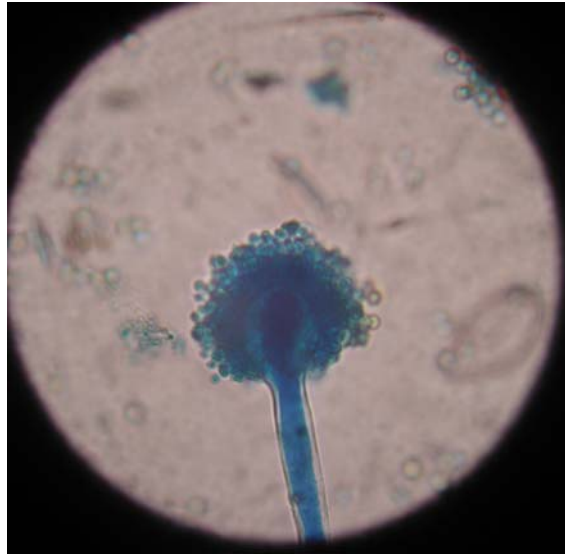


B



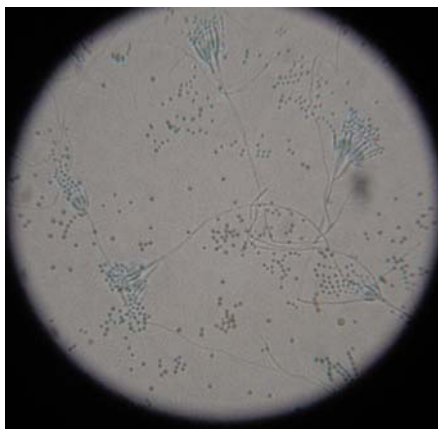
C

**Foto 14.** *Aspergillus ustus* (Bain.) Thom and Church. **A.** Colonias después de una semana en Cz; **B.** Cabeza conidial; **C.** Conidias (Calidad fitosanitaria, U.N.A).

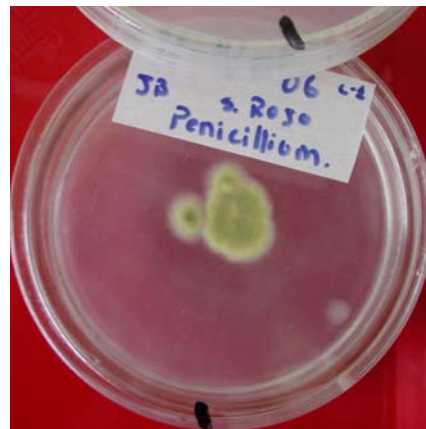


**Foto 15.** *Aspergillus wentii* Wehmer. Cabeza conidial. (Calidad fitosanitaria, U.N.A)

**Penicillium Link: Fr.**



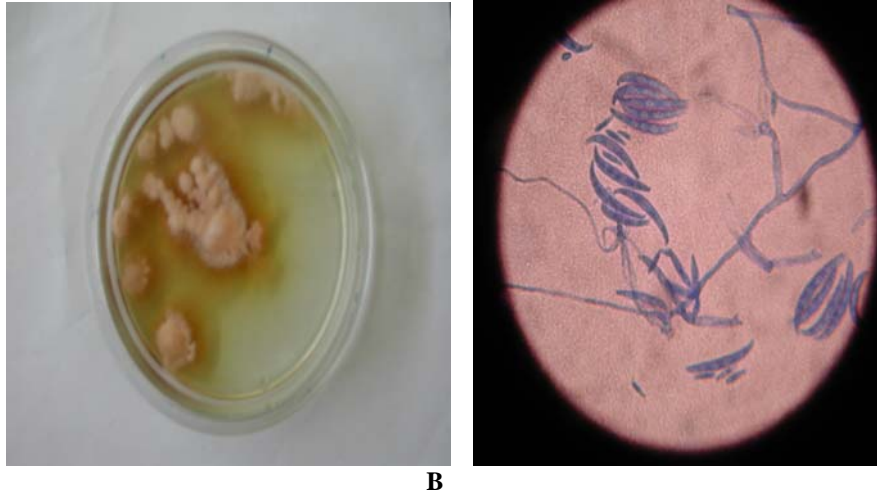
**A**



**B**

**Foto 16.** *Penicillium camemberti* Thom. **A.** Conidioforos con conidias; **B.** Colonias en Cz después de una semana (Calidad fitosanitaria, U.N.A).

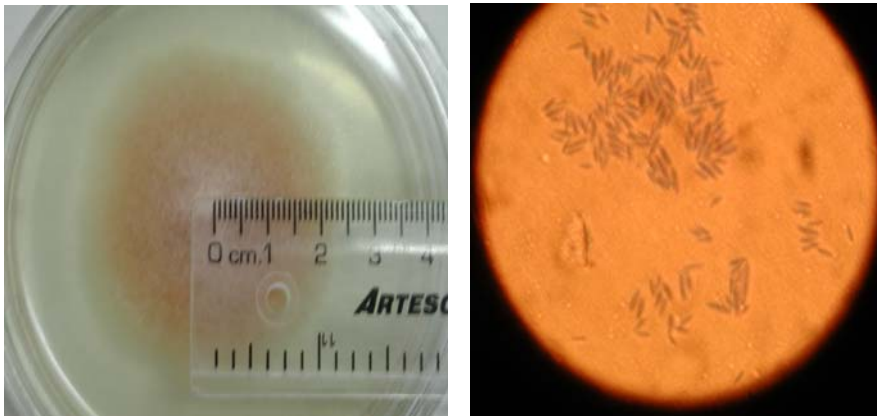
**Fusarium Link: Fr**



**A**

**B**

**Foto 17.** *Fusarium roseum* Schwabe. **A.** Colonias en PDA después de una semana;  
**B.** Macroconidias con 4-5 septos (Calidad fitosanitaria, U.N.A).

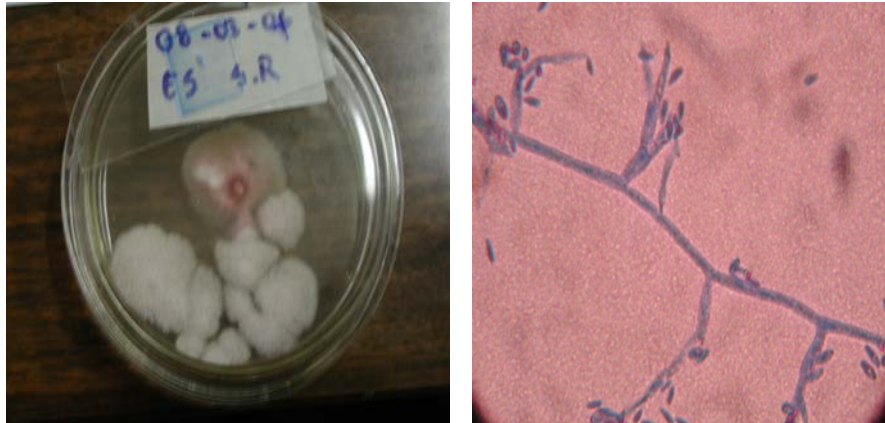


**A**

**B**

**Foto 18.** *Fusarium oxysporum* Schlecht. **A.** Colonias en PDA después de una semana;  
**B.** Microconidias (Calidad fitosanitaria, U.N.A).



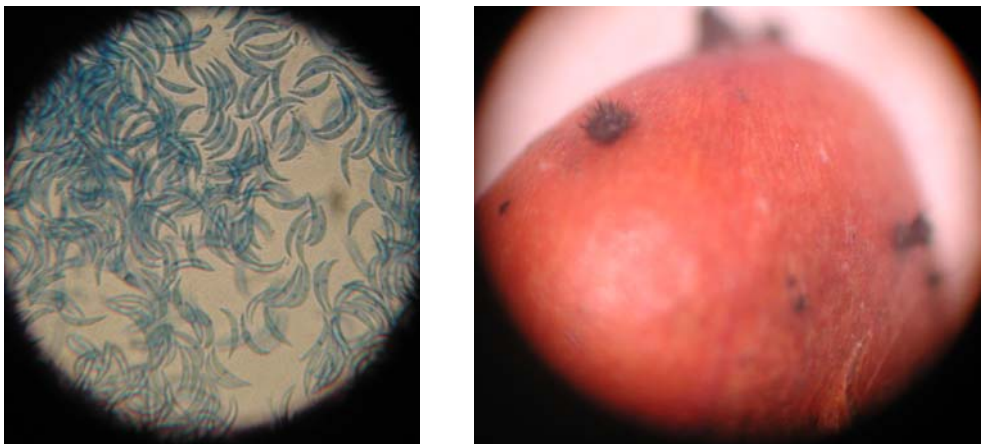


A

B

**Foto 19.** *Fusarium solani* (Mart) Sacc. **A.** Colonias en PDA después de una semana; **B.** Microconidias (Calidad fitosanitaria, U.N.A).

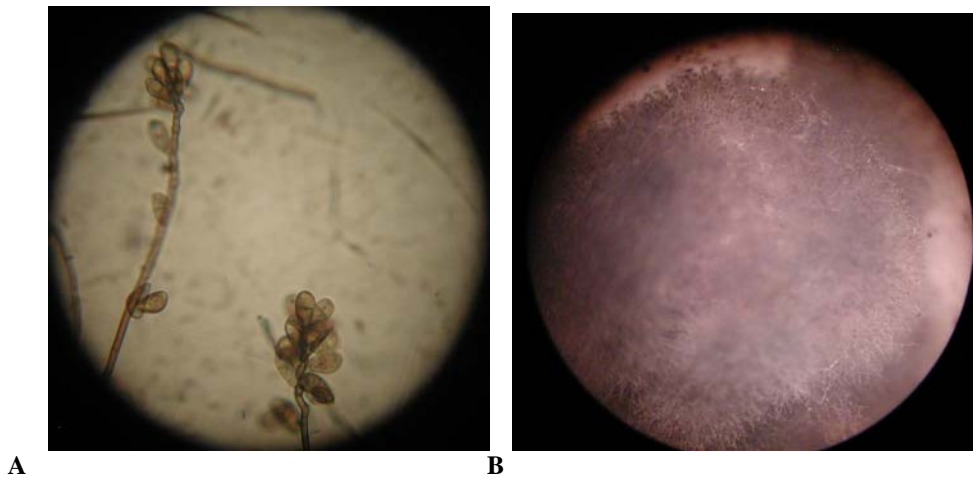
#### Otros hongos



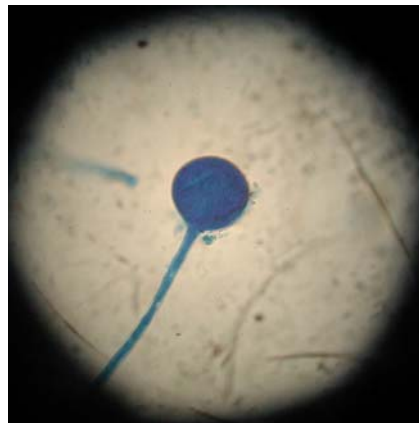
A

B

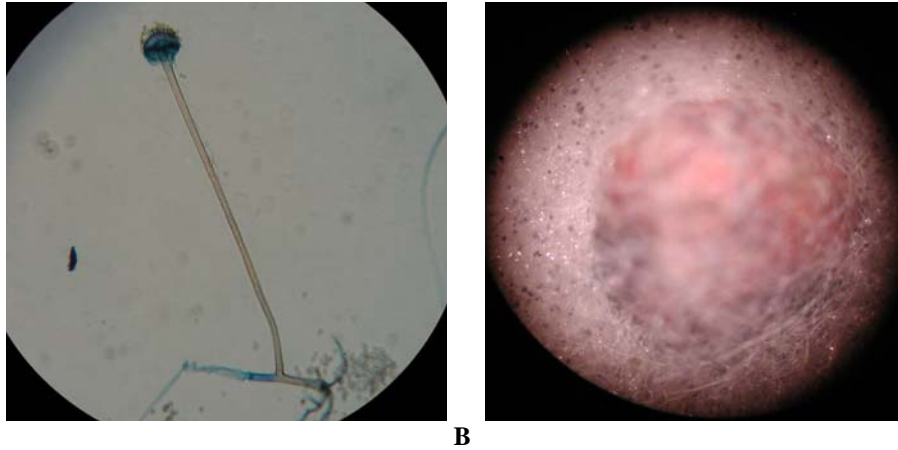
**Foto 20.** *Colletotrichum graminicola* (Cesati) G. W. Wilson. **A.** Conidias; **B.** Crecimiento micelial después de una semana en un grano de sorgo rojo (Calidad fitosanitaria, U.N.A).



**Foto 21.** *Helminthosporium* sp. **A.** Conidioforos pigmentado originando conidias individuales, alargados y con septos transversales; **B.** Crecimiento micelial después de una semana en granos de sorgo rojo (Calidad fitosanitaria, U.N.A).



**Foto 22.** *Mucor* sp. Esporangióforos erectos con esporangios esféricos (Calidad fitosanitaria, U.N.A).



**Foto 23.** *Rhizopus* sp. **A.** Esporangióforos individual con rizoides; **B.** Crecimiento micelial después de una semana en un grano de sorgo rojo (Calidad fitosanitaria, U.N.A).

### Bacteria



**Foto 24.** *Pseudomonas syringae* van Hall. Colonias en Pseudomonas agar a las 48 horas (Calidad fitosanitaria, U.N.A).