

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMIA



EFFECTO DE *Fusarium moniliforme* (Sheld.) = *F. verticillioides* (Sacc.) EN EL CRECIMIENTO DE RADÍCULA Y PLÚMULA EN ALVERJA (*Pisum sativum* L.), FREJOL (*Phaseolus vulgaris* L.), MAIZ (*Zea mays* L.) Y TRIGO (*Triticum aestivum* L.)

TESIS

Para optar el Título Profesional de
INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por la Bachiller
MARÍA ESTHER TANDAYPAN MARQUEZ

Asesor
MANUEL SALOMÓN RONCAL ORDÓÑEZ

CAJAMARCA – PERÚ

2018



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

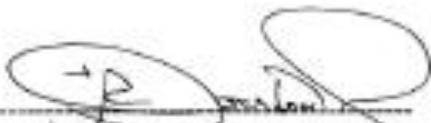
En Cajamarca, a los veinte y seis días del mes de noviembre del Año dos mil dieciocho, se reunieron en el ambiente 2A- 201 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 379-2018-FCA-UNC, Fecha 17 de agosto del 2018, con el objeto de Evaluar la sustentación de la Tesis titulada: "EFECTO ESTIMULANTE DE LOS METABOLITOS DE *Fusarium* spp., PARA LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE ALVERJA (*Pisum sativum* L.), FREJOL (*Phaseolus vulgaris* L.), MAIZ (*Zea mays* L.) Y TRIGO (*Triticum aestivum* L.)", para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**, de la Bachiller: **MARÍA ESTHER TANDAYPAN MARQUEZ**.

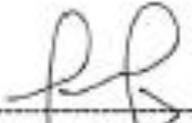
A las dieciséis horas y diez minutos y de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto. Después de la exposición del trabajo de Tesis, la formulación de preguntas y de la deliberación del Jurado, el Presidente anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **QUINCE (15)**; no sin antes recomendar el cambio del título de Tesis por: "EFECTO DE *Fusarium moniliforme* (Shield.) = *F. verticillioides* (Sacc.) EN EL CRECIMIENTO DE RADÍCULA Y PLÚMULA EN ALVERJA (*Pisum sativum* L.), FREJOL (*Phaseolus vulgaris* L.), MAIZ (*Zea mays* L.) Y TRIGO (*Triticum aestivum* L.)", aprobada según Resolución de Consejo de Facultad N° 658-2018-FCA-UNC, Fecha 22 de diciembre del 2018.

Por lo tanto, el graduando queda expedita para que se le expida el **Título Profesional** correspondiente.

A las dieciocho horas y cinco minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, 26 de noviembre de 2018.


Dr. Segundo Berardo Escalante Zumaeta
PRESIDENTE


Dr. Juan Francisco Seminario Cunya
SECRETARIO


Ing. M. Sc. Víctor Eudelfio Torrel Pajares
VOCAL


Dr. Manuel Salomón Roncal Ordóñez
ASESOR

DEDICATORIA

A mis padres, Matilde y Francisco, por el ejemplo, sacrificio y apoyo incondicional durante el transcurso de mi carrera profesional.

A mi esposo Isaías, quien me brinda su apoyo y su amor desinteresado en todo momento.

A mi hijo Gianfranco Delpiero por el apoyo y sacrificio durante toda mi carrera y Manuel Fernando, quienes son el motor y motivo en mi vida y la razón para ser mejor cada día.

A mis hermanos Bander Daniel e Idiana Doris por su apoyo

LA AUTORA

AGRADECIMIENTO

A Dios por derramar grandes bendiciones en mi vida, ayudarme a superarme y darme la oportunidad de concluir satisfactoriamente esta etapa de mi vida.

Con afecto y gratitud, expreso mi reconocimiento al Dr. Manuel Salomón Roncal Ordóñez, por ser un excelente maestro, brindarnos paciencia y dedicación y los conocimientos necesarios para el desarrollo del trabajo de investigación.

A Isaías Chugnas Villena, por ser mi amigo y un buen compañero, por su paciencia, y las facilidades brindadas durante el desarrollo de esta tesis.

A mis amigos y compañeros de la Universidad, por sus enseñanzas y apoyo moral

LA AUTORA

INDICE

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice.....	iv
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
Contenido	Página
CAPÍTULO I: INTRODUCCION	1
Objetivo	2
CAPÍTULO II: REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Generalidades del género <i>Fusarium</i>	3
2.2. Generalidades del <i>Fusarium moniliforme</i> = <i>F. verticillioides</i>	4
2.3. <i>Fusarium moniliforme</i> = <i>F. verticillioides</i> como fitopatógeno	5
2.4. Generalidades de las fitohormonas.....	6
2.4.1. Giberelinas	7
2.4.2. Efecto de las giberelinas sobre la germinación de semillas	8
2.4.3. Hongos que sintetizan metabolitos como las giberelinas	9
2.4.4. Efecto de microorganismos en la germinación de semillas y crecimiento vegetal.....	9
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1. Ubicación geográfica del experimento	10
3.2. Materiales.....	10
3.2.1. Material de campo.....	10
3.2.2. Material biológico	10
3.2.3. Material y equipo de laboratorio	10
a) Material de vidrio.....	10
b) Envases de plástico con tapa hermética.....	10
c) Equipo óptico.....	10
d) Equipo de esterilización y asepsia	11

e) Desinfectante	11
f) Medio de cultivo	11
g) Otros materiales.....	11
3.2.4. Material de escritorio	11
3.3. Metodología	11
3.3.1. Establecimiento de los tratamientos en estudio	11
3.3.2. Diseño experimental.....	13
3.3.3. Variables evaluadas	13
3.3.4. Análisis estadístico	13
3.3.5. Colección y transporte de muestras	14
3.3.6. Obtención del signo.....	14
3.3.7. Aislamiento, purificación y multiplicación de cepas de <i>Fusarium moniliforme</i> = <i>F. verticillioides</i>	15
3.3.8. Caracterización de estructuras somáticas de las cepas de <i>Fusarium verticillioides</i>	16
3.3.9. Obtención de metabolitos.....	17
3.3.10. Ensayo de las cepas de <i>Fusarium verticillioides</i>	20
a) Preparación de las diluciones 1/0, 1/10, 1/100, 1/1000.....	20
b) Remojo de semillas de alverja, frejol, maíz y trigo, en las diluciones 1/0, 1/10, 1/100 y 1/1000.....	21
c) Efecto de <i>Fusarium verticillioides</i> en el crecimiento de radícula y plúmula ..	21
3.4. Selección por descarte	23
3.5. Germinación de semillas de alverja, frejol, maíz y trigo	23
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	27
4.1. Análisis de varianza (ANOVA) para la longitud de radícula, en alverja, frejol, maíz y trigo.....	27
4.7. Análisis de varianza (ANOVA) para la longitud de plúmula en alverja, frejol, maíz y trigo.....	33
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA.....	40

ANEXOS:	45
APENDICE: Identificación del género siguiendo las claves de Barnett de 1962. <i>Fusarium</i> spp.....	54
GLOSARIO.....	55

LISTA DE FIGURAS

Número	Página
1. Semillas de maíz mostrando la plúmula, inducido por efecto de los metabolitos de <i>F. moniliforme</i> = <i>F. verticillioides</i>	14
2. Semillas de maíz mostrando la radícula purpura violácea, inducido por efecto de los metabolitos de <i>F. moniliforme</i> = <i>F. verticillioides</i>	14
3. Micelio blanco cremoso en PDA, de <i>F. moniliforme</i> = <i>F. verticillioides</i>	16
4. Estructura morfológica de <i>F. moniliforme</i> = <i>F. verticillioides</i>	16
5. Micelio rosa pálido en PDA, de <i>F. moniliforme</i> = <i>F. verticillioides</i>	16
6. Estructura morfológica de <i>F. moniliforme</i> = <i>F. verticillioides</i>	16
7. Microconidios unicelulares en grupo y en cadena de <i>F. moniliforme</i> = <i>F. verticillioides</i>	17
8. Dos macroconidios (A) y microconidios (B) de <i>F. moniliforme</i> = <i>F. verticillioides</i>	17
9. Sistema de crecimiento y desarrollo de <i>F. moniliforme</i> = <i>F. verticillioides</i> , en medio de cultivo líquido papa - dextrosa (PD), que permitió la obtención de los metabolitos	18
10,11. Crecimiento y desarrollo de las cepas F17 y F18 de <i>Fusarium</i> spp.; apreciación de la pigmentación color vino y amarillo claro producto de los metabolitos de cada cepa. El color vino indica transformación de los fenoles del caldo de papa en melanina, por reacción química con las toxinas del hongo (Roncal 2004).....	19
12. Crecimiento y desarrollo de las cepas F20 y F24 de <i>Fusarium</i> spp., micelio color blanco cremoso y medio líquido amarillo pálido	19
13. Tubos de ensayo con metabolitos de cuatro cepas de <i>Fusarium</i> spp. (F17, F7, F27, F6); apreciar la pigmentación.....	20
14. Tubos de ensayo con metabolitos de las cepas F18, F20 y F24: apreciar la translucidez del pigmento.....	20
15. Disposición de semillas de alverja (<i>Pisum sativum</i>), frejol (<i>Phaseolus vulgaris</i>), maíz (<i>Zea mays</i>) y trigo (<i>Triticum aestivum</i>) embebidas con los metabolitos de 35 cepas <i>Fusarium</i> spp., que permitieron determinar, cepas con influencia en germinación de éstas semillas.....	22

16. Disposición de semillas embebidas con los metabolitos de las cepas F18, F20 y F24, que permitieron determinar el crecimiento de radícula y plúmula de maíz, trigo, alverja y frijol dentro de la cámara aséptica.....	22
17. Instalación de medio de cultivo líquido en frascos de cloruro de sodio de 35 cepas de <i>F. moniliforme</i> = <i>F. verticillioides</i>	22
18. extracción de los metabolitos de <i>F. moniliforme</i> = <i>F. verticillioides</i>	22
19. Instalación de los tratamientos de la cepa F18 en alverja, frejol, maíz, trigo	23
20. Radícula y plúmula de alverja (<i>Pisum sativum</i>) con la dilución 1/1000	25
21. Radícula y plúmula de alverja (<i>Pisum sativum</i>), testigo (D/0)	25
22. Radícula y plúmula de frejol (<i>Phaseolus vulgaris</i>) tratada con la cepa F24	25
23. Radícula y plúmula de frejol (<i>Phaseolus vulgaris</i>), testigo (D/0)	25
24. Radícula y plúmula de maíz (<i>Zea mays</i>), tratada con la cepa F18, después de siete días (168 horas).....	26
25. Radícula y plúmula de maíz (<i>Zea mays</i>), testigo, después de siete días (168 horas)	26
26. Radícula y plúmula de trigo (<i>Triticum aestivum</i>), con la cepa F18	26
27. Radícula y plúmula en trigo (<i>Triticum aestivum</i>), testigo (D/0)	26
28. Interacción de los niveles del factor cepa y diluciones en longitud de radícula	29
29. Interacción de los niveles del factor cepa y especie en longitud de radícula	29
30. Interacción de los niveles del factor dilución y especie en longitud de radícula	30
31. Longitud de radícula por efecto de la interacción de los tres factores (Cepa, dilución y especie) en alverja, frejol, maíz y trigo	32
32. Interacción de los niveles del factor cepa y diluciones en longitud de plúmula	35
33. Interacción de los niveles del factor cepa y especie en longitud de plúmula.....	35
34. Interacción de los niveles del factor dilución y especie en longitud de plúmula	36
35. Longitud de plúmula por efecto de la interacción de los tres factores (Cepa, dilución y especie) en alverja, frejol, maíz y trigo	38

LISTA DE TABLAS

Número	Página
1. Combinaciones del diseño factorial 3x4x4 (3 cepas, 4 diluciones y 4 especies vegetales) en Diseño Completamente al Azar (DCA)	12
2. Análisis de varianza (ANOVA) de longitud de radícula en alverja, frejol, maíz y trigo	28
3. Prueba de rango múltiple de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto de la interacción de los tres factores (Cepa, dilución y especie) en longitud de radícula en alverja, frejol, maíz y trigo.....	31
4. Análisis de varianza (ANOVA) para la longitud de plúmula en alverja, frejol, maíz y trigo.....	34
5. Prueba de rango múltiple de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto de la interacción de los tres factores (Cepa, dilución y especie) en longitud de plúmula en alverja, frejol, maíz y trigo.....	37

RESUMEN

La presente investigación, tuvo como objetivo determinar el efecto de *Fusarium moniliforme* (Sheld.)= *F. verticillioides* (Sacc.), en el crecimiento de radícula y plúmula de alverja (*Pisum sativum* L.), frejol (*Phaseolus vulgaris* L.), maíz (*Zea mays*) y trigo (*Triticum aestivum* L.); trabajo realizado bajo el diseño completamente al azar, en arreglo factorial 3 cepas (F18, F20 y F24) x 4 diluciones (1/0, 1/10, 1/100 y 1/1000) x 4 especies (alverja, frejol, maíz y trigo); obteniendo 48 tratamientos. Para el estudio se utilizaron 35 cepas de *F. verticillioides*, aislados de mazorcas de maíz choclo, con síntomas de fusariosis. Posteriormente se eligió por descarte a las cepas que alcanzaron mayor longitud de radícula y plúmula y fueron las cepas F18, F20 y F24. En los cuales se aplicó el diseño completamente al azar (DCA), se hizo análisis de varianza y se aplicó la prueba de rango múltiple de tukey al 5 %. La interacción de las cepas, dilución y especie en radícula que obtuvo mayor longitud fue el tratamiento T31 alcanzando 237 mm y fue la cepa F20 a dilución de 1/1000 en maíz y el tratamiento T15 creciendo hasta 230.5 mm con la cepa F18 a dilución de 1/1000 en maíz; siendo estadísticamente iguales y superiores al resto. En plúmula fue la interacción T16 alcanzando 161.3 mm con la cepa F18 a dilución de 1/1000 en trigo, resultando superior al resto.

Palabras clave: *Fusarium verticillioides* (Sacc.), crecimiento, radícula, plúmula, leguminosas, gramíneas.

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine the effect of *Fusarium moniliforme* (Sheld.) = *F. verticillioides* (Sacc.), On the growth of radicle and plumule (*Pisum sativum* L.), beans (*Phaseolus vulgaris* L.), corn (*Zea mays*) and wheat (*Triticum aestivum* L.); work done under the completely random design, in factorial arrangement 3 strains (F18, F20 and F24) x 4 dilutions (1/0, 1/10, 1/100 and 1/1000) x 4 species (alverja, bean, corn and wheat); Getting 48 treatments. For the study, 35 strains of *F. verticillioides*, isolated from corn cobs, were used, with symptoms of fusariosis. Subsequently, the strains that reached the greatest length of radicle and plumule were chosen by discard and were strains F18, F20 and F24. In which the completely randomized design (DCA) was applied, variance analysis was performed and the 5% tukey multiple range test was applied. The interaction of the strains, dilution and species in radicle that obtained greater length was the T31 treatment reaching 237 mm and it was the F20 strain at 1/1000 dilution in corn and the T15 treatment growing up to 230.5 mm with the F18 strain at dilution of 1/1000 in corn; being statistically equal and superior to the rest. In interaction, the T16 interaction reached 161.3 mm with strain F18 at a dilution of 1/1000 in wheat, resulting superior to the rest.

Keywords: *Fusarium verticillioides* (Sacc.), Growth, radicle, plumule, legumes, grasses.

CAPITULO I

INTRODUCCION

En el Perú las fitohormonas, sólo se usa en trabajos de investigación desarrollados en Universidades, Instituto Nacional de Innovación Agraria, Empresas y Programas de productores industriales, con fines de productos agrícolas de exportación.

En todas las zonas maiceras del mundo, los maíces amiláceos, tienen como principal fitopatógeno a *Fusarium moniliforme* (Sheld.) = *F. verticillioides* (Sacc.), patógeno causante de chupadera fungosa, marchitez, pudrición de la mazorca en estado de choclo, con la consecuente germinación prematura de las semillas (Roncal 2004).

En la naturaleza, diferentes razas fisiológicas de *Fusarium verticillioides* (Sacc.), metabolizan giberelinas, destacando el teleomorfo *Giberella fugikuroi*, causante de la planta loca de arroz (Castro 2013).

En los granos de maíces afectados por *F. moniliforme* = *F. verticillioides*, se han determinado giberelinas (Avalos *et al* 2013), conocido como ácido giberélico, fitohormona influyente en la floración, elongación del tallo y la raíz, como también el crecimiento del fruto (Agrios 1996); esta fitohormona va acompañada por la síntesis de las toxinas bikaverinas y fusarinas (Avalos *et al* 2013), moniliforminas y fumonisinas (Chavarri *et al.* 2017), estas dos últimas, cancerígenos (King y Scott (1981); Nankam y Pataky (1996), citado por Callirgos 2007).

Por ser de interés en la agricultura e industria cervecera; y las elevadas concentraciones de giberelinas producidas por *Fusarium verticillioides* y su fácil cultivo le han convertido en la fuente para la obtención de estas hormonas a escala industrial; (Avalos *et al.* 2013). En la sierra norte del Perú, es común encontrar en los diferentes estadios fenológicos del maíz a diferentes especies del género *Fusarium*; afectando el sistema radicular, tejido esponjoso de tallo y

en la mazorca, causando pudrición y germinación prematura. Esta característica nos permitió organizar y desarrollar la presente investigación, con el propósito de comprobar que los metabolitos del hongo tienen efecto en el crecimiento de radícula y plúmula de leguminosas y gramíneas.

Objetivo

Determinar el efecto de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides* en el crecimiento de radícula y plúmula en alverja (*Pisum sativum* L.), frejol (*Phaseolus vulgaris* L.), maíz (*Zea mays*) y trigo (*Triticum aestivum* L.).

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades del género *Fusarium*.

El género *Fusarium*, incluye a un grupo amplio de especies que se categoriza en la clase forma Deuteromycetes, orden forma Moniliales, familia forma Tuberculariaceae (Alexopoulos 1966); la complicada característica morfológica de sus estructuras somáticas, ha dado origen a la agrupación en secciones y dentro de estas a sus formas especiales, que está acorde con el hospedero y la forma de conservación (Roncal 2004).

Las diferentes especies de fusarium están presentes en casi todos los suelos, en forma de estructuras aletargadas, en espera de la plantación de nuevos cultivos, capaces de aceptar su vida como parásito. Si no existe condiciones de humedad y temperatura favorables, viven como patógenos (Evans citado por Chavarry 2013). Se comportan como parásitos facultativos y atacan a diferentes cultivos necrosando tejidos a través de toxinas (Roncal 2004). Generalmente atacan plantas vasculares y producen marchitamiento al obstruir los tejidos conductores y segregar toxinas (Figueroa 2010).

Estructuralmente se caracterizan por producir macroconidios multiseptados hialinos, fusiformes, largos y en media luna (Alexopoulos 1966). Los conidióforos son ramificados, salpicados, en ramilletes cubiertos por una masa de conidios, que forman el cuerpo fructífero tuberculado conocido como esporodoquio. Las masas de esporas y el micelio son generalmente coloreados (Figueroa 2010). También presentan microconidios esféricos, ovales, elongados o en forma de media luna sobre hifas simples, ramificadas (Avalos *et al.* 2013).

La especie *F. moniliforme* = *F. verticillioides*, por presentar microconidios catenulados, en esporodoquio se lo incluye en la sección Liseola. En maíz causan pudrición de raíces, tallos e inflorescencias; en arroz ocasiona la denominada “planta loca”. En cada hospedero, forma micelio algodonoso de color rosado, con escasa formación de macroconidias curvadas tetracelulares. Las microconidias unicelulares forman falsas cadenas en la parte superior del fialide, el mismo que se forma directamente de una célula de la hifa o de un pequeño conidióforo (Roncal 2004).

2.2. Generalidades de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*

Se encuentra en todo el mundo, es patógeno importante, en arroz (*Oryza sativa*), maíz, sorgo (*Sorghum* spp.), trigo, caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y otros cultivos como algodón (*Gossypium* spp.); ocasionando pudrición del pie, retrasando el crecimiento y cuando infecta inflorescencias causa hipertrofia (Sartori *et al.* 2015).

En medio de cultivo PDA (papa dextrosa agar), forma micelio denso, aterciopelado, de color blanco, rosado pálido; posteriormente se torna purpura y de aspecto polvoriento por la formación de microconidios. Pueden o no formar esporodoquios; cuando estos se presentan se forma una corteza naranja pálida. En condiciones adversas forma esclerocios de color azul oscuro. No forman clamidosporas. Algunas cepas forman macroconidios fusoides de 3 a 7 septas, de paredes delgadas en conidióforos formados sobre ramas laterales de las hifas o en una célula apical alargada, a menudo curvada. Los microconidios crecen en cadenas y estos fácilmente pueden ser observados en el microscopio (Castro 2013), son ovoides, globosos, fusoidales y con falsos tabiques. Los macroconidios tritabcados solo se forman en cultivos jóvenes, son multitabcados y con paredes finas, dorsiventrales, ligeramente falcados, con extremos atenuadas y con el pie algo contraído; no forma clamidosporas (Figuroa 2010).

Esta especie produce el principio activo de crecimiento vegetal denominado “giberelin”, que da lugar a la formación del ácido giberelico (Castro 2013).

Ataca a plantas jóvenes y adultas, cuando la infección es a nivel del sistema radicular, en plantas antes de la floración, las hojas pierden su color, luego se

marchitan, se hacen cloróticas y se necrosan de color marrón claro, el tallo se deshidrata y la planta cae. En plantas adultas el hongo prospera en el sistema radicular, base del tallo, nudos, vaina de hojas. Las infecciones en mazorcas ocurren desde del estado de grano lechoso hasta el de grano maduro y tienen la peculiaridad de inducir germinación prematura por acción de los metabolitos del hongo. Se observa el micelio de color blanco y rosado entre las hileras (Roncal 2004).

2.3. *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides* como fitopatógeno.

Ocasiona necrosis en los diferentes órganos de sus hospederos, por acción de un complejo de micotoxinas (Roncal 1993). La muerte de las células de los vasos conductores del tallo producto de intoxicación, repercute a los órganos de la parte aérea (Chavarri *et al.* 2017), causando clorosis foliar y marchitamiento generalizado, debido a la traslocación de toxinas generados por el hongo (Roncal 2004), que se halla siempre localizado en los órganos subterráneos, raicillas, raíces y base del tallo (Fernández 1978). Este tipo de necrosis se complementa por la acción de enzimas del orden de las pectolíticas, pectinmetil-esterasa (PME) y despolimerasa en el interior de los vasos del xilema; dando origen a melaninas parduscas, que da la coloración característica al tejido muerto (De la Torre 2013).

Como todo hongo, producen diferentes metabolitos, destacando las toxinas que afectan a diferentes tejidos de las plantas infectadas; éstas son extremadamente venenosas aún en concentraciones muy bajas; algunas son inestables o bien reaccionan con rapidez cuando se unen con firmeza a sitios específicos de la célula vegetal, afectando la permeabilidad de la membrana celular o al inactivar o inhibir la actividad enzimática; otras propician la deficiencia de algún factor esencial para la planta; impidiendo el desarrollo normal del hospedero (Agrios 1996).

Es evidente que cualquiera que sea el mecanismo de acción de las hormonas, el patógeno ocasiona con frecuencia un desequilibrio en el sistema hormonal de la planta y desencadena respuestas anormales de crecimiento que son incompatibles con su desarrollo normal. Esta anomalía se manifiesta como enanismo, crecimiento excesivo, desarrollo en forma de flor, formación excesiva

de raíces, deformación del tallo, epinastia de las hojas, defoliación, inhibición del crecimiento de las yemas (Castro 2013).

En órganos de plantas afectados por *Fusarium* spp., se han determinado toxinas del orden de las zearalenonas y tricotecenos y sus derivados. Las zearalenonas, conocida también como micotoxina F-2, es producida por *Fusarium roseum*, *F. moniliforme*, *F. tricinctum* y *F. oxysporum*; ésta, es muy toxica para cerdos (*Sus scrofa domestica*), vacas (*Bos primigenius taurus*), pollos (*Gallus gallus domesticus*) y corderos (*Ovis orientalis aries*); también destacan los tricotecenos, conocido como micotoxina T-2 (Avalos *et al.* 2013).

F. moniliforme = *F. verticillioides* produce la toxina DON (Deoxinivalenol) comúnmente conocido como vomitoxina y la micotoxina T-2; las fumonisinas micotoxina recientemente descubierta, de éstas se han determinado seis diferentes nominadas como fumonisina A1, A2, B1, B2, B3 y B4 (Chavarri *et al.* 2017); también metabolizan moniliformina, que es una potente cardiotoxina cuando es administrada por vía intravenosa en aves; como otras micotoxinas asume importancia debido a la interacción con otras micotoxinas, aumentando su poder de acción (Santin *et al.* 2001).

Los tricotecenos sintetizados por el hongo, en los cereales afectan la salud humana y animal, suprimiendo el sistema inmunológico (Ireta y Gilchrist 1994).

En los granos de maíces afectados por *F. moniliforme* = *F. verticillioides*, se han determinado giberelinas (Avalos *et al.* 2013), conocido como ácido giberélico, fitohormona influyente en la floración, elongación del tallo y la raíz, como también el crecimiento del fruto (Agrios 1996); esta fitohormona va acompañada por la síntesis de las toxinas bikaverinas y fusarinas (Avalos *et al.* 2013), moniliforminas y fumonisinas (Chavarri *et al.* 2017), estas dos últimas, cancerígenos (King y Scott (1981); Nankam y Pataky (1996), citado por Callirgos 2007).

2.4. Generalidades de las Fitohormonas.

El crecimiento de las plantas está bajo el control de un pequeño grupo de compuestos, que en la naturaleza actúan como hormonas. Los reguladores más importantes son las auxinas, giberelinas y citocininas. En toda planta es común la síntesis de etileno y los inhibidores del crecimiento, todos con importantes

funciones de control en el transcurso de vida vegetal (Hess 1980); como reguladores fisiológicos de crecimiento y desarrollo de plantas, requieren de bajas concentraciones (Carranza *et al.* 2016); la síntesis se realiza en los meristemos apicales aéreos (Salisbury y Ross 1992), contribuyendo con el crecimiento y diferenciación de estos órganos (Hess 1980), además del lugar de síntesis, se desplazan a otras partes, manifestándose en el crecimiento y desarrollo normal de la planta (Martinez 2013).

Concentraciones bajas a la concentración normal pueden desencadenar modelos distintos de crecimiento y desarrollo a la característica morfológica ideal de la especie. Existen fitopatógenos que producen fitoenfermedades mediante la secreción de reguladores del crecimiento; los efectos de éstos se manifiestan en los sistemas reguladores del crecimiento, originando respuestas anormales en el desarrollo de la planta (Agrios 1996).

2.4.1. Giberelinas, constituyente normal de las plantas verdes (Agrios 1996), se sintetizadas en los órganos de crecimiento, como embriones y tejidos meristemáticos; se transporta en forma pasiva por el xilema y el floema (Bidwell 2002, Carranza *et al.* 2016), intervienen en la síntesis de los ácidos nucleicos (Ames 1974), activando genes reprimidos (Agrios 1996) como el gen que interviene en la réplica del RNAm, responsable de la síntesis de nuevas enzimas (Bidwell 2002); modifica el RNA del núcleo, ejerciendo control sobre la expansión celular y otras actividades de crecimiento y desarrollo vegetal (Weaver 1996), a través del alargamiento (Bidwell 2002) y división celular del cambium (Vega *et al.* 2016); como promotoras de crecimiento, permiten la elongación de tallos, raíces, promueven la floración y crecimiento de frutos (Bidwell 2002); atenúan el efecto de las bajas temperaturas; radiación solar, principalmente el infra rojo (Salisbury y Ross 1992); semillas tratadas con esta fitohormona permiten la germinación en lugares oscuros; retarda la senescencia de hojas (Bohórquez *et al.* 2011). En plántulas, la síntesis y presencia de altos contenidos de giberelina se encuentra en hojas y yemas en activo crecimiento y en material adulto a nivel de frutos (Jordan y Casaretto 2006).

El alargamiento celular es distinto, al ocasionado por el IAA; siendo las giberelinas, las promotoras de la formación de esta hormona. Auxinas y

giberelinas actúan sinérgicamente. Intervienen en la germinación de semillas, en el rompimiento del letargo y en varios efectos formativos de órganos de las plantas (Bidwell 2002).

En las plantas existen otros compuestos, como la vitamina E y el helminthosporol que tienen un comportamiento semejante al de las giberelinas. Se tienen reportes que estas fitohormonas, también son sintetizadas por hongos, bajo la forma de ácido giberélico, como el Ascomyceto *Giberella fijiikuroi*, en arroz, estimulando el crecimiento del meristemo apical (Agrios 1996).

2.4.2. Efecto de las giberelinas sobre la germinación de semillas.

Las yemas de hojas de árboles y arbustos, perennes y caducas de zonas templadas y semillas suelen entrar en latencia, por un determinado tiempo, aunque existan niveles adecuados de humedad, temperatura y oxígeno. Es en estas condiciones, donde intervienen las giberelinas rompiendo ambos tipos de latencia. En semillas, interviene en la elongación celular, de plúmula y radícula; ésta empuja a la cubierta del endospermo, evitando se restrinja el crecimiento (Salisbury y Ross 1992). Las semillas germinan bajo condiciones de luz y oscuridad, cuando se aplican giberelinas (Saldívar *et al.* 2010).

Los genes que regulan la síntesis de “alfa amilasa” y de “proteasa” están reprimidos antes de producir la germinación de la semilla. En las primeras fases el embrión libera un efector, el ácido giberélico, que llega a las células de aleurona; una vez en ellas origina la desrepresión (ruptura de la represión) de los genes que regulan la síntesis de alfa amilasa y de proteasa. El DNA, activado al cesar la represión, produce RNA nuevo, el cual, a su vez, permite la síntesis de proteínas de nueva formación (Carranza *et al.* 2016).

Cuando la semilla germina; radícula y plúmula comienzan a usar los nutrientes minerales, que más tarde se traslocan con facilidad en toda la planta a través del floema; en cambio las grasas, polisacáridos y proteínas, para movilizarse requieren de giberelinas (Bohórquez *et al.* 2011).

Las proteínas de reserva hidrolizadas a aminoácidos por proteinasas. En los cereales y otras gramíneas como en maíz y trigo, las proteínas de reserva se

encuentran en forma de cuerpos proteicos en la capa de aleurona y en menor cantidad, en el endospermo (Courtis 2013).

2.4.3. Hongos que sintetizan metabolitos como las giberelinas

Las giberelinas (Gas) son fitohormonas diterpénicas sintetizadas como metabolitos secundarios por algunos hongos, entre ellos están *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*, patógeno que produce grandes cantidades de ácido giberélico (GA₃). Estos hongos forman parte del complejo taxonómico *Fusarium verticillioides* y otras 10 especies relacionadas filogenéticamente denominadas poblaciones de apareamiento (A-K). Todas contienen genes de la biosíntesis de GAs, no obstante, la producción de estos diterpenos se ha descrito casi exclusivamente de *F. verticillioides*. Los estudios indican que la capacidad de sintetizar GAs difiere significativamente entre cepas (Troncoso 2013, Avalos *et al.* 2013). Las elevadas concentraciones de giberelinas producidas por *Fusarium verticillioides* y su fácil cultivo le han convertido en la fuente para la obtención de estas hormonas a escala industrial; por un interés aplicado a la agricultura e industria cervecera (Avalos *et al.* 2013).

2.4.4. Efecto de microorganismos en la germinación de semillas y crecimiento vegetal.

Las semillas de girasol mostraron una germinación del 100% con relación al control, con la inoculación de *B. mycooides*, puesto que el microambiente rizosferico era adecuado, dando como resultado la producción de giberelinas, las cuales interrumpen la fase de latencia de las semillas y las hacen germinar. La bioinoculación de *Microbacterium* sp., *Bacillus mycooides* y *Enterobacter aerogenes* favorecieron el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas de alverja. (Gonzales y Fuentes 2017).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica del experimento

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), cuyas coordenadas geográficas son: 07° 10' 02" latitud Sur y 78° 29' 41" longitud Oeste, a una altitud de 2670 msnm, en el Km. 3 de la carretera Cajamarca-Baños del Inca.

3.2. Materiales

3.2.1. Material de campo

Mazorcas de maíz con síntomas de germinación prematura de los granos.

3.2.2. Material biológico

Aislamientos de *Fusarium moniliforme* (Sheld)=*F. verticillioides* (Sacc.), de granos de maíz seco y en cholo.

3.2.3. Material y equipo de laboratorio

a) Material de vidrio: laminas porta y cubre objetos, placas Petri, matraz Erlenmeyer, tubos de ensayo.

b) Envases de plástico con tapa hermética: para ser utilizado como cámaras húmedas.

c) Equipo óptico: lupa, estereoscopio, microscopio compuesto y cámara fotográfica.

d) Equipo de esterilización y asepsia: autoclave, estufa, cámara de flujo laminar, mechero bunsen, mechero de alcohol, pulverizador manual de alcohol.

e) Desinfectante: alcohol de 90°, hipoclorito de sodio al 4.5%.

f) Medio de cultivo: papa, dextrosa agar (PDA).

g) Otros materiales: algodón, jeringa con agujas hipodérmicas N° 25, cinta masking, tijeras de podar, navajas.

3.2.4. Material de escritorio

Cuaderno, lapiceros, lápiz, plumón indeleble, papel bond A4 de 80g, tonner para impresora, perforador, tijera, fólder, computadora portátil, perforador, engrapador.

3.3. Metodología

3.3.1. Establecimiento de los tratamientos en estudio

Los tratamientos se establecieron combinando cada una de las cepas (F18, F20 y F24) con las cuatro diluciones (1/0, 1/10, 1/100 y 1/1000) y con las cuatro especies vegetales (alverja, frejol, maíz y trigo). Logrando dieciséis combinaciones por cada cepa; haciendo un total en las tres cepas de 48 tratamientos, representados en clave por la letra T.

Se inicio combinando la cepa F18 con la dilución cero más especie vegetal alverja, que se representa con la clave T1. Cepa F18 más dilución cero más frejol (T2). Cepa F18 con la dilución cero más maíz (T3). Cepa F18 más dilución cero más trigo (T4). Se termino con la cepa F24 con la dilución 1/1000 y la especie vegetal trigo (T48). Como se observa en la tabla 1.

C = cepa. (1=F18, 2=F20, 3=F24)

D = dilución (0=cero, 1=1/10, 2=1/100, 3=1/1000)

E = especie vegetal (1=alverja, 2=frejol, 3=maíz, 4=trigo).

Tabla 1. Combinaciones del diseño factorial 3x4x4 (3 cepas, 4 diluciones y 4 especies vegetales) en Diseño Completamente al Azar (DCA).

FACTORES	NIVELES	COMBINACION	CLAVE
CEPA (<i>Fusarium moniliforme</i> = <i>F. verticillioides</i>)	C1(F18)	C1+D0+E1	T1
		C1+D0+E2	T2
		C1+D0+E3	T3
		C1+D0+E4	T4
		C1+D1+E1	T5
	C2 (F20)	C1+D1+E2	T6
		C1+D1+E3	T7
		C1+D1+E4	T8
		C1+D2+E1	T9
		C1+D2+E2	T10
		C1+D2+E3	T11
	C3 (F24)	C1+D2+E4	T12
		C1+D3+E1	T13
		C1+D3+E2	T14
		C1+D3+E3	T15
		C1+D3+E4	T16
DILUCIÓN	D0 (TESTIGO)	C2+D0+E1	T17
		C2+D0+E2	T18
		C2+D0+E3	T19
		C2+D0+E4	T20
	D1 (1/10)	C2+D1+E1	T21
		C2+D1+E2	T22
		C2+D1+E3	T23
		C2+D1+E4	T24
	D2 (1/100)	C2+D2+E1	T25
		C2+D2+E2	T26
		C2+D2+E3	T27
		C2+D2+E4	T28
	D3 (1/1000)	C2+D3+E1	T29
		C2+D3+E2	T30
		C2+D3+E3	T31
		C2+D3+E4	T32
ESPECIE	E1 (ALVERJA)	C3+D0+E1	T33
		C3+D0+E2	T34
		C3+D0+E3	T35
		C3+D0+E4	T36

Continuación de la tabla 2

ESPECIE	E2 (FREJOL)	C3+D1+E1	T37
		C3+D1+E2	T38
		C3+D1+E3	T39
		C3+D1+E4	T40
	E3 (MAÍZ)	C3+D2+E1	T41
		C3+D2+E2	T42
		C3+D2+E3	T43
		C3+D2+E4	T44
	E4 (TRIGO)	C3+D3+E1	T45
		C3+D3+E2	T46
		C3+D3+E3	T47
		C3+D3+E4	T48

3.3.2. Diseño experimental

Se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA), bajo el arreglo factorial 3x4x4 (3 cepas, 4 diluciones, 4 especies), con 4 repeticiones. Considerando como unidad experimental a las cámaras humedad.

3.3.3. Variables evaluadas

Las variables independientes utilizadas en el experimento fueron cepa, dilución y especie. La variable dependiente que se evaluó fue el crecimiento de radícula y plúmula de cuatro especies vegetales (alverja, frejol, maíz y trigo).

Se hizo una evaluación cada 24 horas, para ver el crecimiento de las plántulas de alverja, frejol, maíz y trigo, y se midió la longitud de la radícula y plúmula a las 168 horas exactamente (7 días). La medida se hizo con una regla de 20 cm o 200 mm.

3.3.4. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza, con una prueba de rango múltiple de Tukey (<0.05%) con el programa infostat (InfoStat/L 2018).

3.3.5. Colección y transporte de muestras

En campo y mercado se colectaron mazorcas de maíz con síntomas de pudrición y germinación prematura de granos, propio de fusariosis causado por la infección de *Fusarium moniliforme*, ahora *F. verticillioides* (Figura 1 y 2). Las mazorcas seleccionadas se dispusieron en depósitos de plástico con tapa hermética; de esta manera fueron llevados al laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca; para realizar los aislamientos respectivos.



Figura 1. Semillas de maíz mostrando la plúmula, inducido por efecto de los metabolitos de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*.



Figura 2. Semillas de maíz mostrando la radícula purpura violácea, inducido por efecto de los metabolitos de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*.

3.3.6. Obtención del signo

En el laboratorio las mazorcas traídas del campo se volvieron a seleccionar, teniendo cuidado separar porciones de mazorcas con granos afectados que muestren el color blanco cremoso o crema claro y en otros casos con ligera pigmentación rosada; colores característicos de la infección por *F. moniliforme* = *F. verticillioides*. Estas porciones se dispusieron en cámaras húmedas a 22 °C de temperatura, para facilitar el desarrollo del micelio que se utilizó para obtener las cepas puras, en PDA de *Fusarium moniliforme*. Todas las cepas se obtuvieron de maíz.

3.3.7. Aislamiento, purificación y multiplicación de cepas de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*

Para el aislamiento, purificación y multiplicación de las diferentes cepas, se trabajó bajo condiciones asépticas; proceso que se consiguió, flameando el ambiente con alcohol de 96 °, limpiando las mesas con hipoclorito de sodio al 4.5%, seguido de limpieza con alcohol más el funcionamiento de la cámara de flujo laminar, con la finalidad de desplazar todo tipo de inóculo de microorganismos a través de corriente de aire.

La aguja de siembra MRO es desinfectada por un lavado en hipoclorito de sodio, se enjuaga con agua destilada estéril, se limpia en alcohol de esta manera se vuelve a utilizar para la purificación de otra cepa. De las porciones de mazorcas en cámara húmeda, con síntomas de germinación prematura, que permitieron el desarrollo del micelio del hongo, se utilizó para obtener diferentes cepas en medio de cultivo PDA.

Para realizar el aislamiento, purificación y conservación de las diferentes cepas de *F. moniliforme* = *F. verticillioides* se utilizó el estereoscopio y la aguja MRO. Visualizado las porciones de micelio, se procedió a extraer los conidios utilizando la aguja MRO con punta esférica; ésta se empapó en agua destilada estéril, para permitir la adherencia, posteriormente el extremo de la aguja, se pone en contacto con la porción superficial del micelio escogido; luego en una caja de Petri con medio de cultivo PDA se desplazó la aguja en zigzag o simplemente se puso en contacto con el medio en la parte central, se incubó a 22 °C, se observa a las 24 horas durante 72 horas.



Figura 3. Micelio blanco cremoso en PDA, de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*



Figura 4. Estructura morfológica de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*.



Figura 5. Micelio rosa pálido en PDA, de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*.



Figura 6. Estructura morfológica de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*

La multiplicación de las cepas puras se consiguió realizando nuevas siembras en dos cajas Petri con medio PDA. El mantenimiento de cepas puras se consiguió realizando la siembra de éstas en tubos de ensayo con medio PDA en plano inclinado y a través de la disposición de conidios en papel filtro.

3.3.8. Caracterización de estructuras somáticas de las cepas de *Fusarium verticillioides*

Con el propósito de determinar las estructuras somáticas que caracterizan a las cepas de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*, se realizó la siembra monospórica de 100 aislamiento en una gota de medio de cultivo PDA.

Este proceso consistió en disponer una gota de PDA en una lámina porta objetos, sobre esta se sembró esporas de las cepas respectivas utilizando la aguja MRO, luego se cubrió con la cubre objetos haciendo una ligera presión. El portaobjetos con la siembra de esporas del hongo se dispuso sobre un triángulo de sorbete estéril, éste a su vez estaba dentro de una placa de Petri estéril que contenía agua destilada estéril, con la finalidad de evitar la deshidratación del medio en incubación.

Las respectivas cajas Petri con las microsiembras se incubaron a 22 °C y se observaron al microscopio cada 24 horas durante 72 horas. Determinando en 35 cepas filamentos septados, conidióforos simples que terminaban en dos o tres ramas, en cuya parte terminal se diferenciaban macroconidios de dos a siete células y fiálides directamente formados de las hifas en cuya parte terminal se diferenciaban microconidios unicelulares formando cadenas.

Las características morfológicas anteriormente descritas permitieron determinar que se trataba de *Fusarium moniliforme* (Sheld.) = *F. verticillioides* (Sacc.).

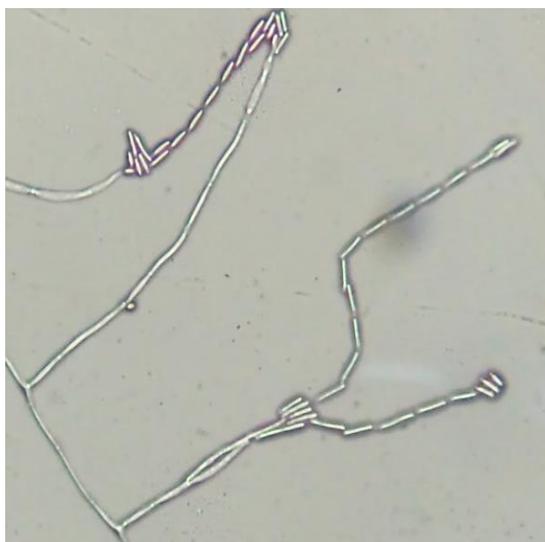


Figura 7. Microconidios unicelulares en grupo y en cadena de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*.

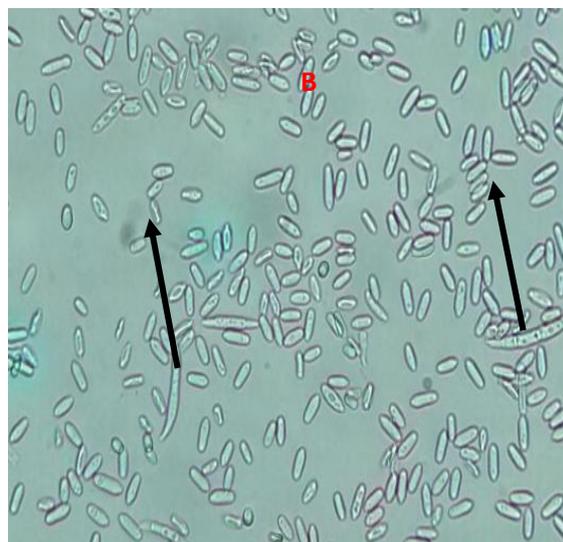


Figura 8. Dos macroconidios (A) y microconidios (B) de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*.

3.3.9. Obtención de metabolitos

Las 35 cepas se cultivaron en medio de cultivo líquido conformado por caldo de papa y dextrosa (PD) solamente; en depósitos de cloruro de sodio de 100 cc de capacidad y 35 unidades de equipo de venoclisis estériles.

En cada frasco se dispuso 70 cc de medio (PD) líquido y con cuidado se realizó la siembra de porciones de micelio de 1 cm², de las respectivas cepas de *F. moniliforme* = *F. verticillioides* y se cerró la ventana.

Los frascos sembrados se dispusieron en bastidores, permanecieron al ambiente durante 25 días y a temperatura variable entre 18 a 20 °C.



Figura 9. Sistema de crecimiento y desarrollo de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*, en medio de cultivo líquido papa - dextrosa (PD), que permitió la obtención de los metabolitos.

Transcurrido el tiempo de crecimiento y desarrollo de las cepas, el medio líquido donde prospera cada cepa, cambia paulatinamente de color y en la superficie del medio crece y desarrolla el hongo.

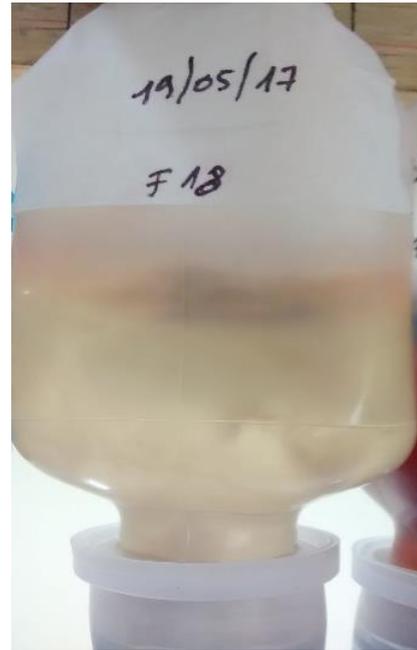


Figura 10, 11. Crecimiento y desarrollo de las cepas F17 y F18 de *Fusarium* spp.; apreciación de la pigmentación color vino y amarillo claro producto de los metabolitos de cada cepa. El color vino indica transformación de los fenoles del caldo de papa en melanina, por reacción química con las toxinas del hongo (Roncal 2004).

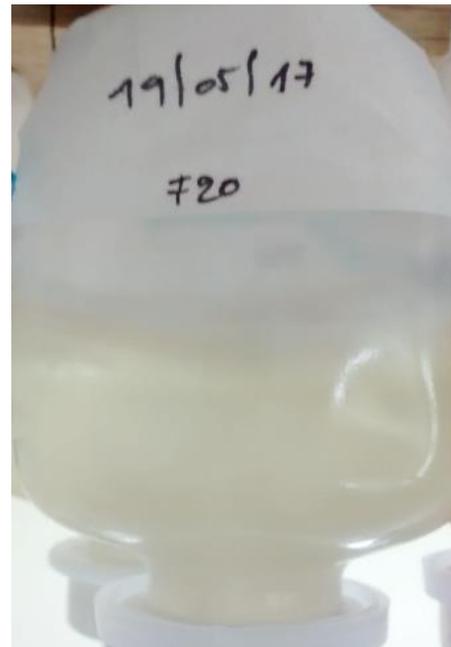
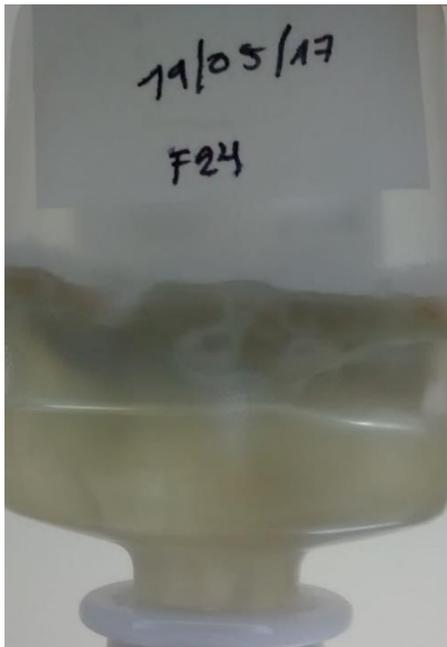


Figura 12. Crecimiento y desarrollo de las cepas F20 y F24 de *Fusarium* spp., micelio color blanco cremoso y medio líquido amarillo pálido.

A 25 días de iniciado este trabajo, en tubos de ensayo estériles se extrajo 10 ml del medio líquido que contenía los respectivos metabolitos, suponemos que estaban constituidos por sustancias tipo giberelinas y toxinas; luego estos fueron asépticamente tratados y rotulados.

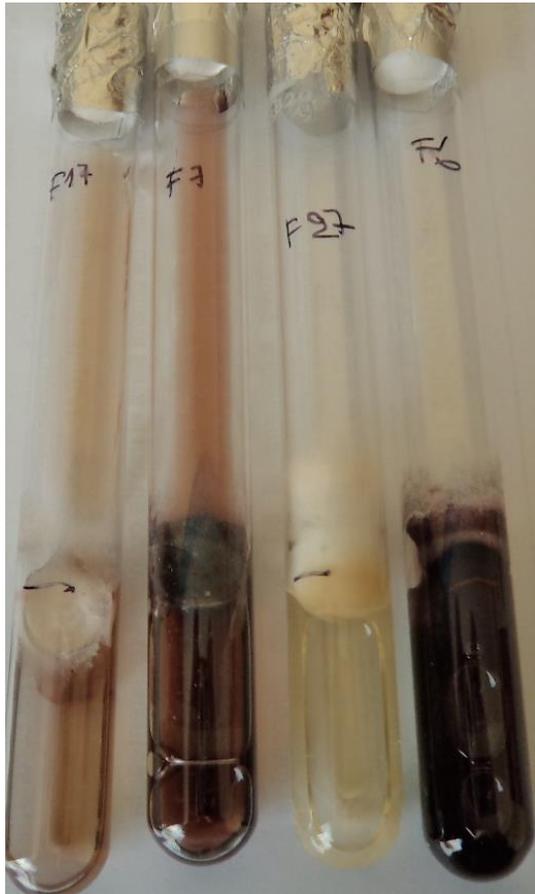


Figura 13. Tubos de ensayo con metabolitos de cuatro cepas de *Fusarium* spp. (F17, F7, F27, F6); apreciar la pigmentación.

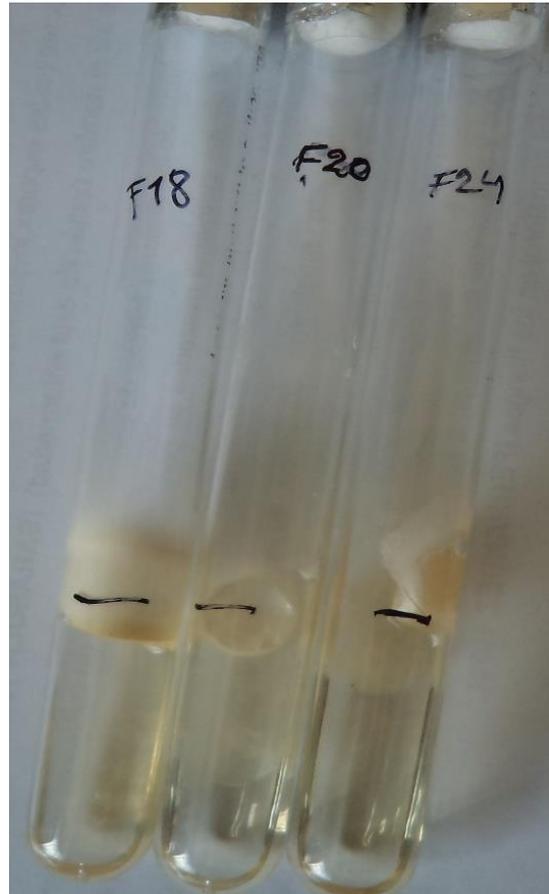


Figura 14. Tubos de ensayo con metabolitos de las cepas F18, F20 y F24: apreciar la translucidez del pigmento.

3.3.10. Ensayo de las cepas de *Fusarium verticillioides*

a) Preparación de las diluciones 1/10, 1/100, 1/1000

Se esterilizaron 140 tubos de ensayo, a cada uno se agregó 9 cc de agua destilada estéril. Por cada cepa se utilizaron cuatro (04) tubos, un testigo y las respectivas diluciones (1/10, 1/100 y 1/1000). Para obtener las diluciones de los metabolitos de las 35 cepas, se dispusieron de cuatro (04) tubos de ensayo por cepa, con 9 cc de agua destilada estéril. Para obtener la dilución 1/10; al tubo que contiene 9 cc de agua destilada estéril, se agrega 1 cc del metabolito concentrado, se agita y se rotula. Para obtener la dilución 1/100; del tubo con dilución 1/10, se extrae 1 cc y se agrega al tubo 2 que contiene 9 cc de agua destilada estéril, se agita y se rotula. Para obtener la dilución 1/1000; del tubo con dilución 1/100, se extrae 1 cc y se agrega al tubo 3 que contiene 9 cc de agua destilada estéril, se agita y se rotula

b) Remojo de semillas de alverja, frejol, maíz y trigo, en las diluciones 1/0, 1/10, 1/100 y 1/1000.

Este ensayo se realizó con la finalidad de determinar el efecto de los metabolitos de las cepas de *F. moniliforme* = *F. verticillioides*, sobre los compuestos químicos de los embriones, que intervienen en el proceso de germinación de semillas de gramíneas y leguminosas. Los tubos que contenían las diluciones 1/10, 1/100 y 1/1000 de los metabolitos de los 35 cepas del hongo más el testigo (agua destilada estéril o dilución cero), se dispusieron en placas de Petri; para que en cada dilución se dejara remojar por 30 segundos, cuatro (04) semillas bien conformadas y desinfectadas, de dos especies de gramíneas: maíz (*Zea mays* L.) y trigo (*Triticum aestivum* L.) y dos especies de leguminosas: alverja (*Pisum sativum* L.) y frejol (*Phaseolus vulgaris* L.).

c) Efecto de *Fusarium verticillioides* en el crecimiento de radícula y plúmula.

Las semillas empapadas en las respectivas diluciones de los metabolitos de las 35 cepas del hongo, se dispusieron en placas Petri, adaptadas para cumplir la función de cámaras de germinación, que se consiguió colocando en el depósito base un disco doble de papel filtro húmedo, sobre el cual se colocaron con una pinza las semillas, se tapó, identificó y se dispusieron dentro de la cámara de incubación de cristal, a 20 °C de temperatura, con luz y calor proporcionado por un fluorescente de 25 Wats. El mismo procedimiento se siguió para las cepas F18, F20 y F24 con el cual se hizo el análisis estadístico.



Figura 15. Disposición de semillas de alverja (*Pisum sativum*), frejol (*Phaseolus vulgaris*), maíz (*Zea mays*) y trigo (*Triticum aestivum*) embebidas con los metabolitos de 35 cepas *Fusarium* spp., que permitieron determinar, cepas con influencia en germinación de estas semillas.



Figura 16. Disposición de semillas embebidas con los metabolitos de las cepas F18, F20 y F24, que permitieron determinar el crecimiento de radícula y plúmula de maíz, trigo, alverja y frejol dentro de la cámara aséptica.



Figura 17. Instalación de medio de cultivo líquido en frascos de cloruro de sodio de 35 cepas de *Fusarium moniliforme*.



Figura 18. Extracción de los metabolitos de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*.

3.4. Selección por descarte

Primero se hizo una selección de 100 cepas; como segundo paso se sembró en una gota de PDA y se escogió a 35 cepas que correspondían a la estructura morfológica de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*; en tercer lugar se hizo la aplicación de los metabolitos en diferentes diluciones a cuatro especies de semillas (alverja, frejol, maíz, trigo) y haciendo una selección por descarte, de las cepas que alcanzaron mayor longitud; Las mismas que fueron tres, la cepa F18, F20, y F24; por ultimo de estas cepas se hizo una nueva aplicación de los metabolitos, en cuatro diluciones (1/0, 1/10, 1/100 y 1/1000) a las cuatro especies de semillas, se hizo el análisis de varianza y se aplicó pruebas de rango múltiple para saber cuál es la mejor combinación entre cepa, dilución, especie. Así como la interacción entre cepas dilución, cepas especie y dilución especie.



Figura 19. Instalación de los tratamientos de la cepa F18, en alverja, frejol, maíz y trigo.

3.5. Germinación de semillas de alverja, frejol, maíz y trigo, se colocó cuatro semillas por dilución y su respectivo testigo, en las cuatro especies en estudio; haciendo un total de 13 semillas por dilución. Para las 35 cepas se utilizaron 455 semillas en total en cada dilución, para sacar el poder germinativo (PG) y conocer el porcentaje de germinación en un tiempo de 168 horas (7 días).

$$\text{PG en alverja: } \frac{152}{455} \times 100$$

$$\text{PG}=99.34\%$$

$$\text{PG en maíz: } \frac{445}{455} \times 100$$

$$\text{PG}=97.80\%$$

PG en frejol: $\frac{448}{455} \times 100$

455

PG=98.46%

PG en trigo: $\frac{450}{455} \times 100$

455

PG=98.90%

En la tabla 6, observamos la germinación de semillas de alverja; con la dilución 1/10, 16 cepas germinaron a las 72 horas, superando al testigo o dilución cero (1/0). Con la dilución 1/100, las cepas que germinaron fueron 18 (13 germinaron a las 48 horas y 5 a las 72 horas), que superaron al testigo. Y con la dilución 1/1000 fueron 19 cepas (11 germinaron a las 48 horas y 8 a las 72 horas) que superaron al testigo. La germinación de semillas de alverja fue a partir de las 48 horas.

En la misma tabla se observa la germinación de semillas de frejol; con la dilución 1/10, 17 cepas (2 germinaron a las 72 horas, 15 a las 96 horas). En la dilución 1/100, 21 cepas (13 germinaron a las 72 horas y 8 a las 96 horas), superando al testigo. En la dilución 1/1000, 14 cepas (4 germinaron a las 72 horas y 10 a las 96 horas), siendo superior al testigo. La germinación inicio a partir de las 72 horas en frejol.

En la tabla 6, vemos la germinación de semillas de maíz; con la dilución 1/10, 8 cepas que germinaron a las 72 horas y superaron al testigo. Con la dilución 1/100, 29 cepas (11 germinaron a las 48 horas y 18 a las 72 horas) superior al testigo. Con la dilución 1/1000, 30 cepas (16 germinaron a las 48 horas y 14 a las 72 horas), superando al testigo. Iniciando a germinar el maíz a partir de las 48 horas.

En la misma tabla vemos la germinación de semillas de trigo; con la dilución 1/10, 32 cepas (2 germinaron a las 24 horas y 30 a las 48 horas) superando al testigo. Con la dilución 1/100, 10 cepas (6 germinaron a las 24 horas y 4 a las 48 horas), superando al testigo. Con la dilución 1/1000, 11 cepas (8 cepas germinaron a las 24 horas y 3 a las 48 horas), superando al testigo. Germinaron las semillas de trigo a las 24 horas.

La germinación es más rápida en semillas de cereales como el maíz y el trigo; dado que, en las primeras etapas de la germinación ocurre cambios y se

desencadena una serie de reacciones enzimáticas, activándose fitohormonas como las giberelinas y auxinas principalmente, que ayudan a este proceso fisiológico de las plantas como lo describe (Quezada 2015).



Figura 20. Radícula y plúmula en alverja (*Pisum sativum*) con dilución 1/1000.



Figura 21. Radícula y plúmula en alverja (*Pisum sativum*), testigo (D0).

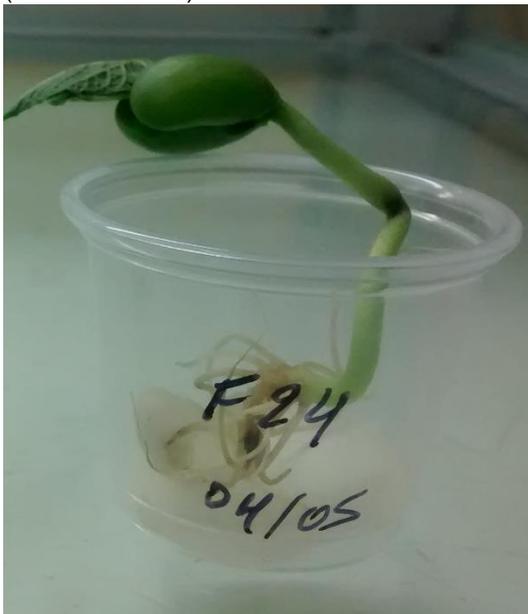


Figura 22. Radícula y plúmula de frejol (*Phaseolus vulgaris*) tratada con la cepa F24.



Figura 23. Radícula y plúmula de frejol (*Phaseolus vulgaris*), testigo (D0).

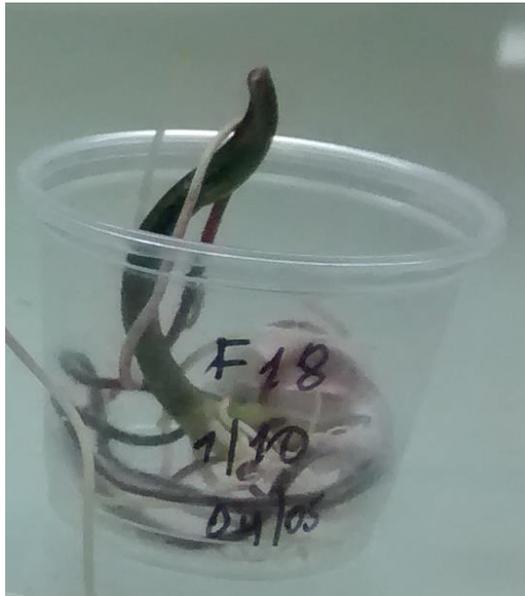


Figura 24. Radícula y plúmula de maíz (*Zea mays*), tratado con la cepa F18, después de 7 días (168 horas).



Figura 25. Radícula y plúmula de maíz (*Zea mays*), testigo, después de 7 días (168 horas).



Figura 26. Radícula y plúmula de trigo (*Triticum aestivum*), tratado con la cepa F18.



Figura 27. Radícula y plúmula de trigo (*Triticum aestivum*), testigo.

En maíz y trigo es destacable la influencia de los metabolitos de la cepa F18 y F24 ambos con la dilución 1/1000; efecto que coincide con el reporte de Carranza *et al.* (2016), referente a los metabolitos de este microorganismo fungoso.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Análisis de varianza (ANOVA) para la longitud de radícula, en alverja, frejol, maíz y trigo.

En los resultados del análisis de varianza para la longitud de radícula (Tabla 2), se encontró significación estadística al 1% de probabilidades para los efectos independientes de la cepas, dilución y especies, dado que, el valor de significación (p-valor) es menor al 0.01, respectivamente. Este resultado indica que, la longitud de este órgano se encuentra afectada por cada factor, de manera independiente.

La misma Tabla muestra que existe significación estadística al 1% de probabilidad para las interacciones cepas por dilución (C*D), cepas por especie (C*E) y dilución por especie (D*E), dado que, el valor de significación (p-valor) es menor al 0.01, respectivamente. Estos resultados indican que, la longitud de la radícula se encuentra afectada por los efectos de cada interacción. En el caso de la primera (C*D), existe efecto combinado entre un tipo de cepa con una dilución, de la misma manera, con las demás interacciones.

Se muestra también significación estadística al 1% de probabilidad para la interacción de los tres factores en estudio (cepa por dilución por especie), dado el valor de significación (p-valor = 0.0001) es menor al 0.01. Este resultado indica que, la longitud de radícula, está afectado significativamente por el efecto conjunto de los tres factores.

El coeficiente de variación (CV = 5.86 %), indica la variabilidad de los resultados obtenidos con un mismo tratamiento (combinación de factores). Esta variabilidad se atribuya a la calidad de las semillas utilizadas en el ensayo, asociado al efecto

de los metabolitos del hongo que permitieron ligera variación en longitud de raíces.

Tabla 2. Análisis de varianza (ANOVA) de longitud de radícula en alverja, frejol, maíz y trigo.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	p-valor
Cepas (C)	2496.47	2	1248.23	23.21**	0.0001
Dilución (D)	149015	3	49671.66	923.7**	0.0001
Especies (E)	211917.7	3	70639.23	1314**	0.0001
C*D	4582.2	6	763.7	14.2**	0.0001
C*E	19659.49	6	3276.58	60.93**	0.0001
D*E	25061.92	9	2784.66	51.79**	0.0001
C*D*E	6769.84	18	376.1	6.99**	0.0001
Error	7743.25	144	53.77		
Total	427245.8	191			

(**) Altamente significativo

CV = 5.86 %

En la Figura 28, se observa que la longitud de la radícula aumenta en función de la dilución y el tipo de cepa que se utilizó. La cepa F18 en sus diluciones 0, 1/10, 1/100 y 1/1000, se encontraron las mayores longitudes de radículas (78.5mm, 129 mm, 152.19 mm y 160.81 mm, respectivamente).

Con la cepa F20 y las disoluciones respectivas 1/0, 1/10, 1/100 y 1/1000, se encontraron las longitudes de 78.19 mm, 119.06 mm, 136.25 mm y 159.25 mm, respectivamente.

Con la cepa F24 en sus tres diluciones 1/0, 1/10, 1/100 y 1/1000, se encontraron longitudes de 87.75 mm, 116.88 mm, 137.69 mm y 145.38 mm, respectivamente. Estos resultados evidencian que, al utilizar diluciones de cepas de hongos, se encuentran mejores resultados que cuando no se utilizan.

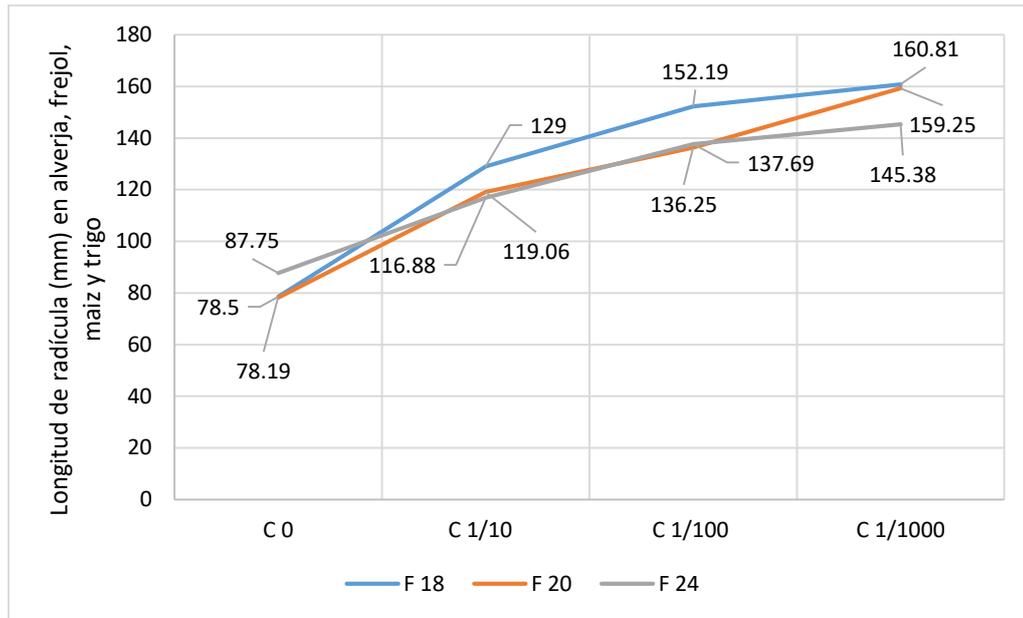


Figura 28, Interacción de los niveles del factor cepa y diluciones en longitud de radícula.

En la Figura 29, se observa que la longitud de radícula con la cepa F18 en alverja es 70.31 mm, en frejol 129.3 mm, en maíz 179.7 mm y 141 mm en trigo. Con la cepa F20 se encontró en alverja 90.13 mm, en frejol 97.94 mm, en maíz 183.9 mm y 120.8 mm en trigo. Con la cepa F24, la longitud de alverja alcanzó 82.44 mm, en frejol 123.9 mm, en maíz 158.4 mm y 122.9 en trigo. Estos resultados indican que la mayor longitud se encontró en maíz.

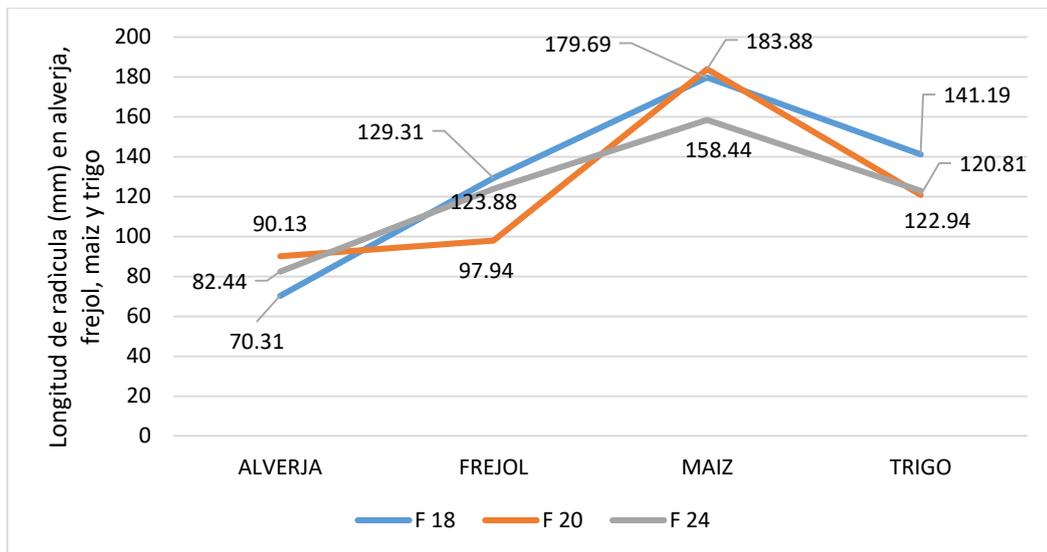


Figura 29, Interacción de los niveles del factor cepa y especie en longitud de radícula.

En la Figura 30, se observa que la longitud de la radícula con la dilución cero (0) en alverja es 52.08 mm, en frejol es de 69.33, en maíz es de 100.6 mm y en trigo es de 103.9 mm. Con la dilución 1/10 en alverja es 78.42 mm, en

frejol 114.1 mm, en maíz es 178.6 mm y en trigo es de 115.5 mm. Con la dilución 1 / 100 en alverja la longitud de radícula es de 92.67 mm, en frejol es de 135.25, en maíz es de 202.58 mm y en trigo es de 137.67 mm. Con la dilución 1 / 1000 en alverja la longitud es de 100.67 mm, en frejol es de 149.5, en maíz es de 214.25 mm y en trigo es de 156.17 mm. Estos resultados indican que la mayor longitud de radícula se encontró en maíz.

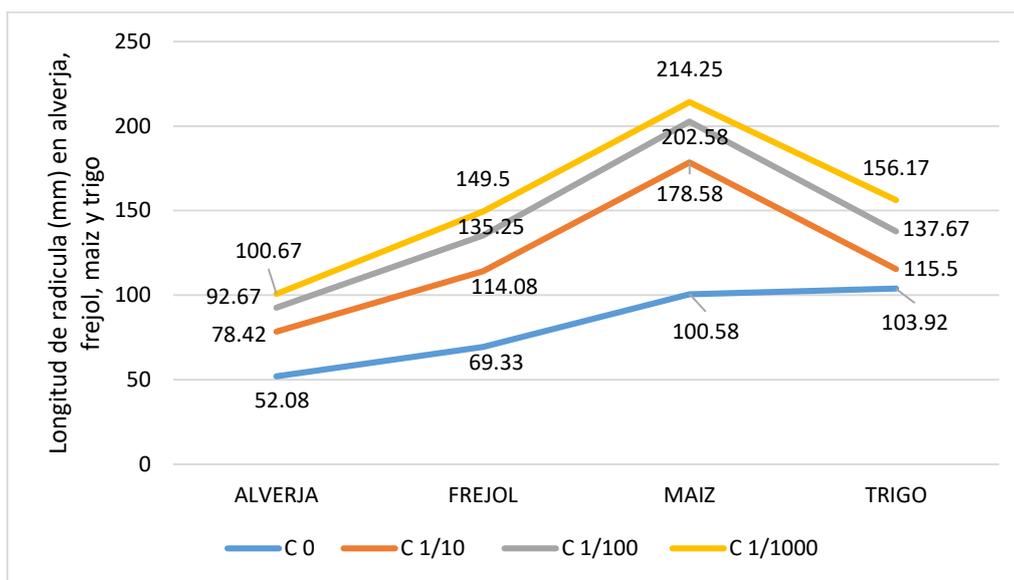


Figura 30. Interacción de los niveles del factor dilución y especie en longitud de radícula.

La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para la longitud de radícula (Tabla 3 y Figura 31), indica que la mayor longitud (237 mm y 230.5 mm) de ésta se obtuvo con el T31 (Cepa F20 a dilución de 1/1000 en maíz) y T15 (Cepa F18 a dilución de 1/1000 en maíz), estos resultados son estadísticamente iguales y superiores al resto, seguido de los resultados que se obtuvieron con el T27 (cepa F20 a dilución de 1/100 en maíz) cuya longitud de radícula es de 210 mm y el T11 (Cepa F18 a dilución de 1/100 en maíz) cuya longitud es de 208.5 mm. Las longitudes más cortas se encontraron con el T18 (frejol sin concentración de cepas) y T1 (alverja sin concentración de cepas) cuyas longitudes son 48.5 y 47 mm, respectivamente.

Tabla 3. Prueba de rango múltiple de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto de la interacción de los tres factores (Cepa, dilución y especie) en longitud de radícula en alverja, frejol, maíz y trigo.

Tratamientos	Medias	Significación al 5%
T31	237	A
T15	230.5	A
T27	210	B C
T11	208.5	C D
T43	189.25	D E
T23	186.75	E
T7	186.5	E
T47	175.25	E F
T16	172	E F
T14	163.5	F G
T39	162.5	F G
T12	156	F G H
T10	154.75	F G H I
T32	150.5	G H I J
T46	149.75	G H I J
T48	146	G H I J K
T42	139	H I J K L
T30	135.25	I J K L M
T44	133.75	J K L M N
T8	133.5	J K L M N
T6	128.5	K L M N O
T28	123.25	L M N O P
T38	117.75	M N O P Q
T29	114.25	N O P Q R
T26	112	O P Q R S
T45	110.5	O P Q R S
T40	107	P Q R S T
T35	106.75	P Q R S T
T24	106	P Q R S T
T36	105	P Q R S T
T20	103.5	P Q R S T
T4	103.25	P Q R S T
T19	101.75	Q R S T
T25	99.75	Q R S T U
T22	96	R S T U W
T3	93.25	S T U W
T9	89.5	T U W X
T34	89	T U W X
T41	88.75	T U W X
T21	87.5	T U W X Y
T37	80.25	U W X Y
T13	77.25	W X Y Z
T2	70.5	X Y Z a
T5	67.5	Y Z a b
T17	59	Z a b
T33	50.25	a b
T18	48.5	b
T1	47	b

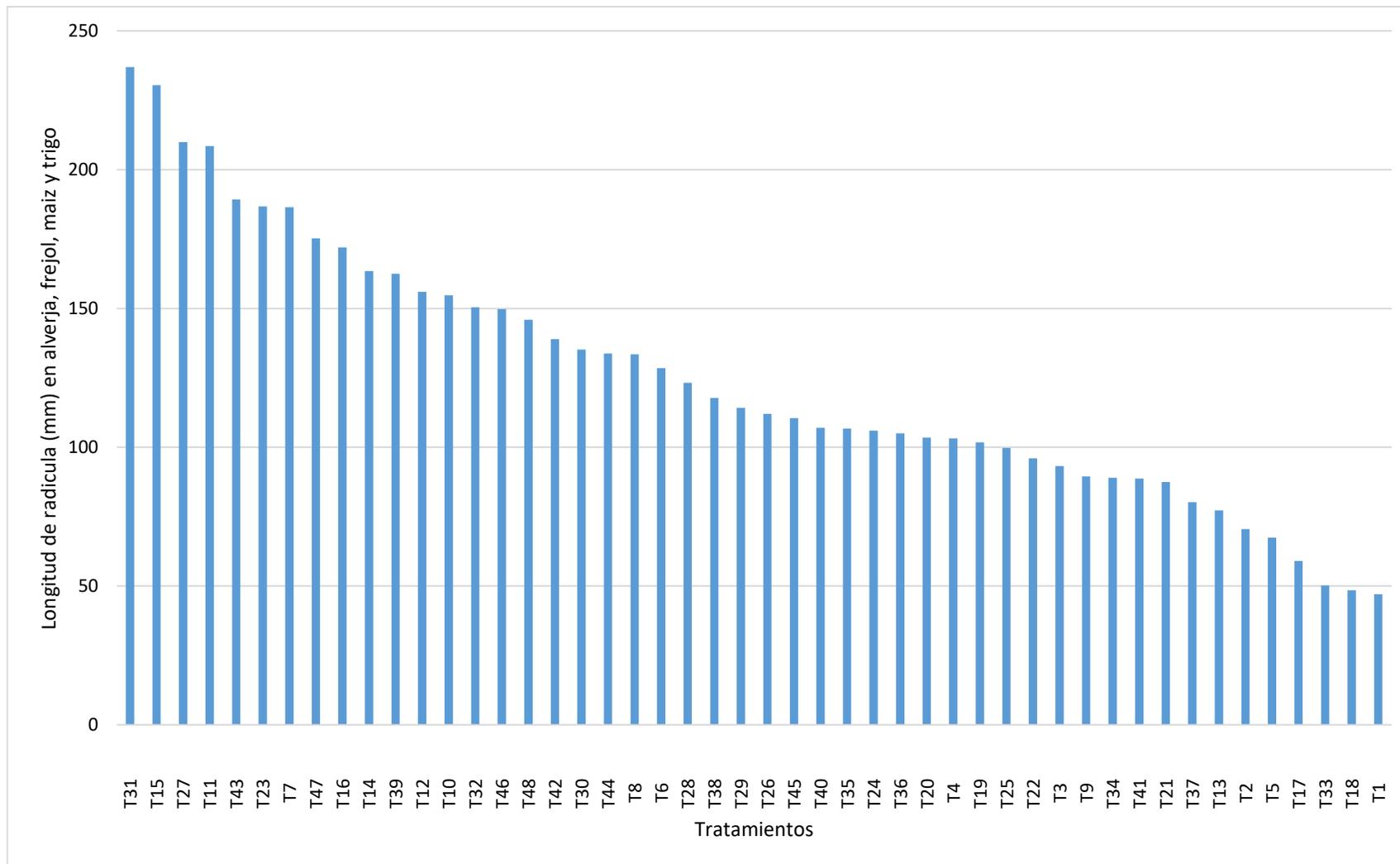


Figura 31. Longitud de radícula por efecto de la interacción de los tres factores (Cepa, dilución y especie), en alverja, frejol, maíz y trigo.

4.2. Análisis de varianza (ANOVA) para la longitud de plúmula en alverja, frejol, maíz y trigo.

En los resultados del análisis de varianza para la longitud de plúmula (Tabla 4), se encontró significación estadística al 1% de probabilidades para los efectos independientes de la cepas, dilución y especies, dado que, el valor de significación (p-valor) es menor al 0.01, respectivamente. Este resultado indica que, la longitud de plúmula se encuentra afectada por cada factor de manera independiente.

La misma Tabla muestra que existe significación estadística al 1 % de probabilidad para las interacciones cepas por dilución (C*D), cepas por especie (C*E) y dilución por especie (D*E), dado que, el valor de significación (p-valor) es menor al 0.01, respectivamente. Estos resultados indican que, la longitud de plúmula se encuentra afectada por los efectos de cada interacción. En el caso de la primera interacción (C*D), existen efectos combinados entre un tipo de cepa con la dilución, de la misma manera se presenta en las demás interacciones.

Se muestra también significación estadística al 1% de probabilidad para la interacción de los tres factores en estudio (cepa por dilución por especie), dado el valor de significación (p-valor = 0.001) es menor al 0.01. Este resultado indica que, la longitud de plúmula está afectado significativamente por el efecto conjunto de los tres factores.

El coeficiente de variación (CV = 6.79 %), indica la variabilidad de los resultados obtenidos con un mismo tratamiento (combinación de factores). Esta variabilidad se atribuya a las semillas utilizadas en el ensayo, asociado a metabolitos utilizados que permitieron diferenciación en la longitud de plúmula.

Tabla 4. Análisis de varianza (ANOVA) para la longitud de plúmula en alverja, frejol, maíz y trigo.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	p-valor
Cepas (C)	18820.13	2	9410.06	382.35**	0.0001
Dilución (D)	39483.4	3	13161.13	534.76**	0.0001
Especies (E)	96033.1	3	32011.03	1300.67**	0.0001
C*D	3309.17	6	551.53	22.41**	0.0001
C*E	17709.08	6	2951.51	119.93**	0.0001
D*E	3642.31	9	404.7	16.44**	0.0001
C*D*E	2261.12	18	125.62	5.1**	0.0001
Error	3544	144	24.61		
Total	184802.3	191			

(**) Altamente significativo

CV = 6.79 %

En la Figura 31, se observa que la longitud de plúmula aumenta en función de la dilución y el tipo de cepa que se utilizó. Con la cepa F18 en sus diluciones 0, 1/10, 1/100 y 1/10000, se encontraron las mayores longitudes de plúmula (55.59 mm, 82.75 mm, 99.44 mm y 105.88 mm, respectivamente). Con la cepa F20 en sus diluciones 0, 1/10, 1/100 y 1/10000, se encontraron las longitudes de 48.25 mm, 57.13 mm, 68.69 mm y 73.31 mm, respectivamente. Con la cepa F24 en sus tres diluciones 0, 1/10, 1/100 y 1/10000, se encontraron longitudes de 51.44 mm, 66.63 mm, 79.13 mm y 88.81 mm, respectivamente. Estos resultados evidencian que, al utilizar diluciones de los metabolitos de cepas de hongos, se encuentran mejores resultados que cuando se utiliza solo agua.

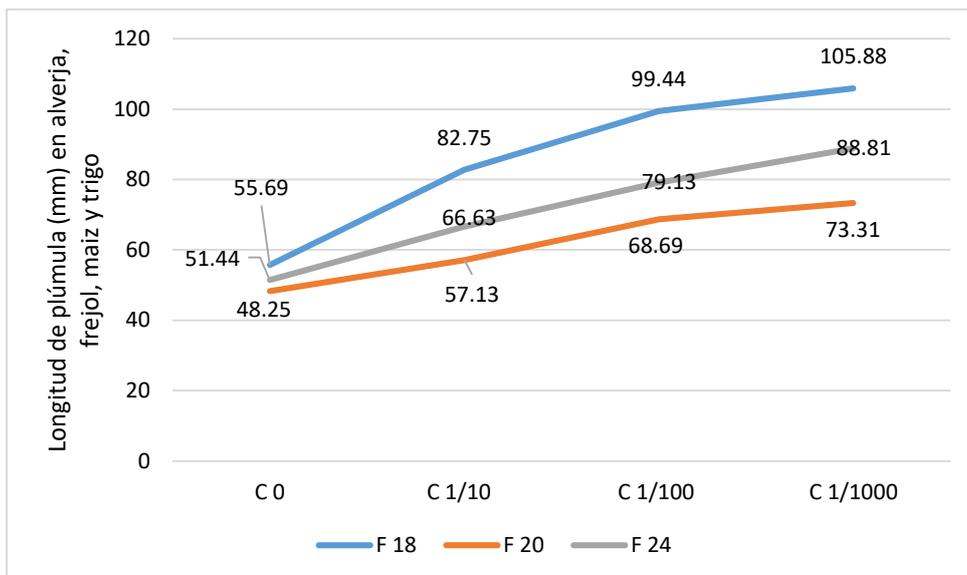


Figura 32. Interacción de los niveles del factor cepa y diluciones en longitud de plúmula.

En la Figura 32, se observa que con la cepa F18 se encontró 83.75 mm en alverja, 58.06 mm en frejol, 70.5 en maíz y 131.44 en trigo. Con la cepa F20 se encontró 36.31 mm en alverja, 58.44 mm en frejol, 60.69 mm en maíz y 91.44 mm en trigo. Con la cepa F 24 se encontró 54.19 mm en alverja, 71.38 mm en frejol, 48.63 mm en maíz y 111.81 en trigo. Estos resultados indican que la mayor longitud de plúmula se encontró en trigo.

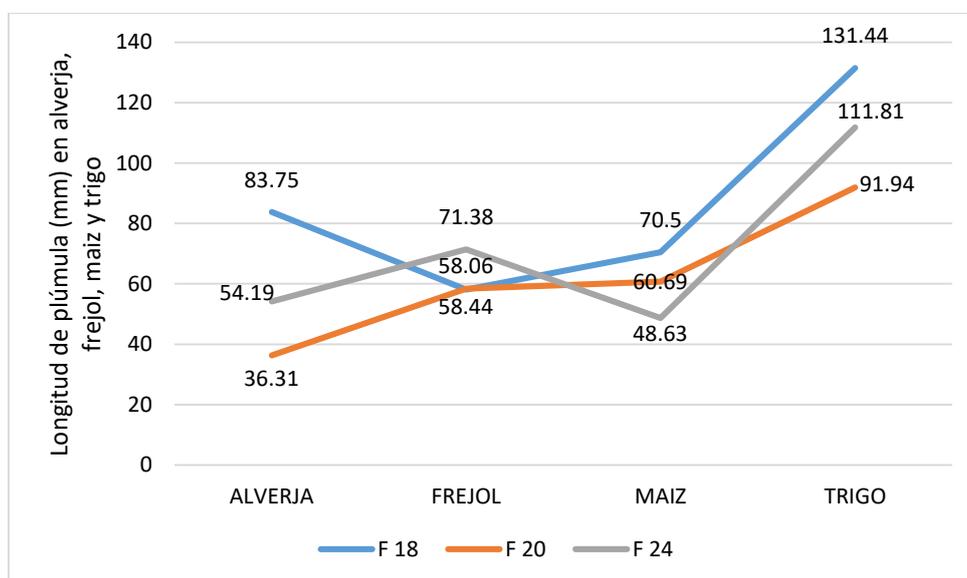


Figura 33. Interacción de los niveles del factor cepa y especie en longitud de plúmula.

En la Figura 33, se observa que la longitud de plúmula sin dilución en alverja es 34.83 mm, en frejol 40.25 mm, en maíz 45.33 mm y 86.75 en trigo. Con la dilución 1/10 en alverja es de 55.33 mm, en frejol es de 60.67, en maíz es de

57.58 mm y en trigo es de 101.75 mm. Con la dilución 1/100 en alverja la longitud de plúmula es de 65.17 mm, en frejol es de 77.75, en maíz es de 64 mm y en trigo es de 122.75 mm. Con la dilución 1/1000 en alverja la longitud de plúmula es de 77 mm, en frejol es de 71.83, en maíz es de 72.83 mm y en trigo es de 135.67 mm.

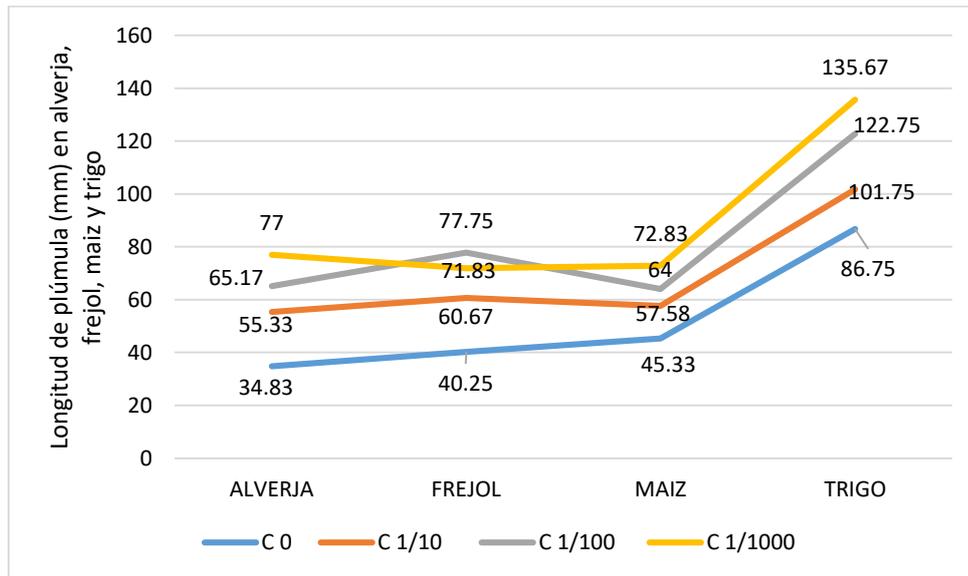


Figura 34. Interacción de los niveles del factor dilución y especie, en longitud de plúmula.

La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para la longitud de plúmula según la interacción de los tres factores (Tabla 5 y Figura 34), indica que la mayor longitud (161.3 mm) se obtuvo con el T16 (Cepa F18 a dilución de 1/1000 en trigo), este resultado es estadísticamente superior al resto, seguido del resultado que se obtuvo con el T12 (F18 a dilución de 1/100 en trigo) cuya longitud es de 147.5 mm. Las longitudes más cortas se encontraron con el T17 (alverja sin dilución), cuya longitud fue 23.5 mm.

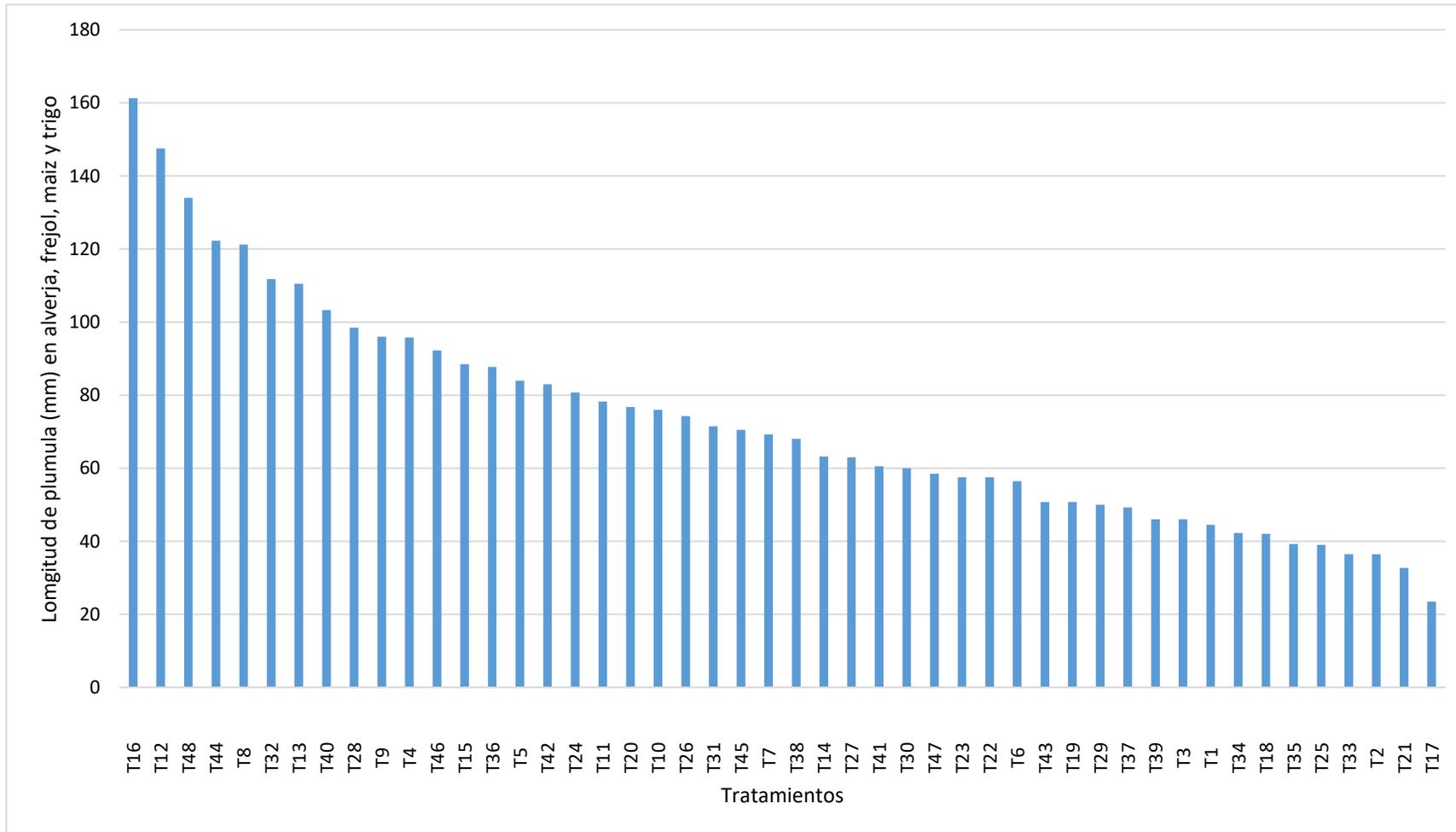


Figura 35. Longitud de plúmula por efecto de la interacción de los tres factores (Cepa, dilución y especie) en alverja, frejol, maíz y trigo.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

a) El efecto de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides* en el crecimiento de radícula según la interacción cepa, dilución y especie, se obtuvo con el tratamiento T31 (cepa F20 a dilución de 1/1000 en maíz) y T15 (cepa F18 a dilución de 1/1000 en maíz), con longitudes de 237mm y 230.5 mm para cada tratamiento, superando en 34% y 35% respectivamente al testigo. Estos resultados fueron estadísticamente iguales y superiores al resto.

b) El efecto de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides* en el crecimiento de plúmula según la interacción de los tres factores se obtuvo con el tratamiento T6 (cepa F18 a dilución de 1/1000 en trigo), siendo este resultado estadísticamente superior al resto alcanzando una longitud de 161.3 mm y superando en 40% al testigo.

CAPITULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrios, GN. 1996. Fitopatología. 2 ed. México, Limusa. 838 p.
- Aguirre, AA. 1965. Patología vegetal. 2 ed. Barcelona, España, Omega, 818 p.
- Alexopoulos, C. 1966. Introducción a la micología. Buenos Aires, Argentina. 615 p.
- Ames de Icochea, T. 1974. Fitopatología general. Primera edición. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. 83 p.
- Anaya, SR.; Romero, JN. 1999. Hortalizas plagas y enfermedades (en línea). Culiacán, México. 544 p. consultado 24 ene. 2017. Disponible en <https://www.iberlibro.com/buscar.../hortalizas-plagas-enfermedades/.../socorro-anaya/>.
- Avalos, J.; Díaz, V; García, J; Castillo, M, Ruger, M. 2013. Regulación de metabolismo secundario en hongos: metabolitos de *Fusarium* (en línea). Sevilla, España, Micelio, Red temática española de hongos filamentosos. Consultado 17 feb. 2017. Disponible en: <https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/10781/CC%2048%20art%209.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Bidwell, RGS. 2002. Fisiología vegetal. 2 ed. D.F. México, AGT. 784 p.
- Booth, C. 1971. The genus *Fusarium*. Commonwealth Agricultural Bureaux. Great Britain, Inglaterra. 237 p.
- Bohórquez, C; Álvarez, JG; Niño, RC. 2011. Giberelinas y 6-bencilaminopurina en la plantulación de semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) adrale RZ F1 (en línea). Tunja, Colombia. Consultado 17 feb. 2018. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4149402.pdf>.

- Callirgos, J. 2007. Resistencia a pudriciones de la mazorca de maíz en 236 entradas del complejo peruano IV. Tesis Ing. Agr. Cajamarca, Perú. UNC. 54 p.
- Carranza, C; Castellanos G; Deaza, D; Miranda D. 2016. Efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento sobre la germinación de semillas (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado 12 feb. 2018. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v10n2/v10n2a09.pdf>.
- Castro, AE. 2013. Control de *Fusarium verticillioides* en genotipos de maíz con especies de *Trichoderma* bajo condiciones de campo. Tesis ing. Agr. Cajamarca, Perú. UNC. 65 p.
- Chavarri, M; Barroyeta, J; Ochoa, J; Rumbos, N; Alezones, J. 2017. Detección de *Fusarium verticillioides* y fumonisinas en granos de maíz blanco provenientes de los estados de Yaracuy y Guárico, Venezuela (en línea). Consultado 10 jun. 2018. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sciarttext&pid=s2017>.
- Chavarry, JW. 2013. Identificación de las enfermedades fungosas de la taya (*Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze) en las zonas productoras de San Pablo y San Marcos, Cajamarca. Tesis Ing. Agr. Cajamarca-Perú. UNC. 52 p.
- Chuquimango, D. 2011. Patogénesis de fitopatógenos en el cultivo de chalarina (*Casimiroa edulis* Llave). Tesis Ing. Agr. Cajamarca, Perú. UNC. 44 p.
- Chuquimango, J. 2012. Patogénesis de los principales fitopatógenos fungosos del membrillero (*Cydonea oblonga* Tourn) en Cajamarca. Tesis Ing. Agr. Cajamarca, Perú. UNC. 47 p.
- Courtis, A. 2013. Germinación de semillas. FaCENA (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de Argentina) 20(13):21-22.
- De la Cuadra, C. 1993. Germinación, latencia y dormición de las semillas. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación 3(92):2-9.
- De la Torre, ME; Sánchez, RD; Galeana, E; Plasencia, J. 2014. Fumonisinas - síntesis y función en la interacción *Fusarium verticilloides* - Maíz (en línea). Coyoacan, México, Universidad Nacional Autónoma de México. Consultado 14 abr. 2017. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tip/v17n1/v17n1a6.pdf>.

- Demolon A. 1972. Principios de agronomía: Crecimiento de los vegetales cultivados. 2 ed. Barcelona, España, Omega. 587 p.
- Devlin, RM. 1982. Fisiología vegetal. 3 ed. España, Barcelona, Omega. 517 p.
- Duffus, C; Slaughter, C. 1985. Las semillas y sus usos. México, D.F., AGT. 188 p.
- Fernández Valiela, MV. 1978. Hongos. 3 ed. Buenos Aires, Argentina, Talleres gráficos ISAG (Instituto Salesiano de artes gráficas), Don Bosco. 779 p.
- Figuroa, MG; Rodríguez, R; Guerrero BZ; Gonzales MM; Pons JL; Jiménez JF; Ramírez JG; Andrio E; Mendoza M. 2010. Caracterización de especies de *Fusarium* asociados a la pudrición de raíz de maíz en Guanajuato, México (en línea). Revista Mexicana de fitopatología 28(2):124-134. Consultado 20 feb. 2017. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61218468005>.
- Font Quer, P. 1985. Diccionario de botánica. Barcelona, España, Labor. 1244 p.
- González, HF; Fuentes, NM. 2017. Mecanismos de acción de cinco microorganismos promotores de crecimiento vegetal. (En línea). Revista de ciencias agrícolas 34(1):17-31. Consultado 15 jul. 2018. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v34n1/v34n1a02.pdf>.
- Gonzales, ML; Caycedo, C; Velásquez, MF; Garzón, MR. 2007 Efecto de la aplicación del ácido giberélico sobre el crecimiento de coliflor (*Brassica oleracea* L.) var. Botritis DC (en línea). Revista de agronomía colombiana 25(1):54-61. Consultado 28 feb 2017. Disponible en www.scielo.org.co/pdf/agc/v25n1/v25n1a07.pdf
- Hess, D. 1980. Fisiología vegetal: Fundamentos moleculares y bioquímicos-fisiológicos del metabolismo y el desarrollo. Barcelona, España, Omega. 388 p.
- Ireta, JM; Gilchrist, LS. 1994. Roña o tizón de la espiga del trigo (*Fusarium graminearum* Schwabe) (en línea). CIMMYT-México. Informe especial de trigo N^o. 21. Consultado 15 feb. 2017. Disponible en <https://books.google.com.pe/books?id=UsBmMpXlaKoC&printsec=frontcover&q=roña+o+tizon+de+la+espiga>.

Jordan, M; Casaretto, J. 2006. Hormonas reguladoras del crecimiento: auxinas, giberelinas y citocininas (en línea). La Serena, Chile. Consultado 10 jun. 2018. Disponible en <http://www.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Auxinasgiberelinasycitocininas.pdf>.

Marino, A; Rodríguez, P. 1986. Semillas anuario de agricultura. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. México, Tlalpan. Continental. 1020 p.

Martínez, JC. 2013. Fisiología vegetal (en línea). Cartagena, Colombia. Consultado 20 may. 2018. Disponible en <https://biotecnia.unison.mx/index.php/bitecna/article/viewFile/159/151>. 7 p.

Martos, W. 1980. Identificación de diferentes especies de *Fusarium* en cuatro provincias del departamento de Cajamarca. Tesis Ing. Agr. Cajamarca, Perú. UNC. 53 p.

Mentor. 1965. Nuevo diccionario enciclopédico ilustrado. 4 ed. Buenos Aires, Argentina, Sopeña. 1629 p.

Quezada, JAR. 2015. Uso de giberelinas en la producción forzada de naranja washington (*Citrus sinensis*), en la granja experimental la cuca (en línea). Tesis Ing. Agr. Machala, Ecuador, UTMACH. Consultado 10 feb. 2018. Disponible en http://repositorio.untmachala.edu.ec/bitstream/48000/1111/7/cd331_TESIS.pdf.

Roncal Ordoñez, MS. 1993. Taxonomía de hongos fitopatógenos comunes. Cajamarca, Perú, Obispo "Martínez Compañón". 372 p.

Roncal Ordoñez, MS. 2004. Principios de fitopatología andina. Cajamarca, Perú. Oficina General de investigación de la UNC. 420 p.

Saldívar, P; Laguna, A; Gutiérrez, F; Domínguez, M. 2010. Ácido giberélico en la germinación de semillas de *Jaltomata procumbens* (Cav.) J. L. Gentry (en línea). Toluca, México. Consultado 26 oct. 2018. Disponible en http://www.scielo.sa-cr/scielo.php?script=sci_arttex&pid=s1659.

Salisbury, FB; Ross, CW. 2000. Fisiología de las plantas. Madrid, España, Tresp. 988 p.

Santin E; Maiorka A; Zanella I; Magon L. 2001. Micotoxinas do *Fusarium* spp na avicultura comercial (original en portugues). Universidade Federal de Santa María, Brasil (en línea). Ciencia rural. 31 (1):185-190. Consultado 10 ene. 2018. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0103.

Sartori, A; Nesci, A; Etcheverry, M. 2015. Infección de *Fusarium verticillioides* y contenido de fumonisinas en granos de maíz de plantas con inflorescencias femeninas cubiertas y no cubiertas (en línea). Córdoba, Argentina. Consultado 18 may. 2018. Disponible en <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sciarttext&pid=s1853>.

Troncoso, C. 2013. Caracterización de la biosíntesis de giberelinas en hongos del género *Fusarium* pertenecientes al complejo taxonómico *Gibberella fujikuroi* (en línea). Tesis Dr. BQ. Santiago, Chile. Consultado 18 feb. 2016. Disponible en <http://www.repositorio.uchile.cl/handle/2250/114865>.

Vásquez Arce, V. 1990. Experimentación agrícola. Diseños estadísticos para la investigación científica y tecnología. Primera edición. Cajamarca, Perú. 278 p.

Vega, P; Canchignia, H; Gonzales, M; Seeger, M. 2016. Biosíntesis de ácido indol-3-acético y promoción del crecimiento de plantas por bacterias (en línea). La Habana, Cuba, Instituto de investigaciones fundamentales en agricultura tropical. Consultado 30 mar. 2017. Disponible en <http://www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci>.

Weaver, RJ. 1996. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. 8 ed. Chapingo, México, Trillas. 622 p.

ANEXOS

Tabla 6. Germinación de semillas de alverja, frejol, maíz y trigo con la aplicación de 3 diluciones más testigo (dilución cero), de 35 cepas de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*, en horas.

Germinación de semillas de alverja, frejol, maíz y trigo en horas																								
CE PA	DILUCIÓN																							
	1/100								1/1000															
	Alve rja	Test igo	Frej ol	Trigo	Maíz	Test igo	Trigo	Test igo	Alve rja	Test igo	Frej ol	Test igo	Maíz	Test igo	Trigo	Test igo	Alve rja	Test igo	Frej ol	Test igo	Maíz	Test igo	Trigo	Test igo
F1	72	96	96	120	72	96	48	72	72	96	96	120	72	96	24	48	72	96	96	120	72	96	48	72
F2	72	72	96	120	96	72	48	72	48	96	96	120	72	96	48	48	72	72	120	120	48	96	48	72
F3	72	96	96	120	96	96	48	72	72	72	120	120	72	96	48	48	48	96	96	120	72	96	24	72
F4	120	72	96	120	72	72	48	72	48	72	72	96	48	72	48	48	48	72	120	120	72	72	24	48
F5	96	96	96	120	96	96	48	48	48	96	96	96	72	96	48	48	72	72	96	96	48	96	48	48
F6	72	72	96	96	96	72	48	72	48	72	96	96	48	72	48	48	48	72	120	96	48	96	72	48
F7	96	96	120	120	96	96	48	72	72	72	96	120	72	96	48	48	72	96	120	96	72	96	48	48
F8	96	96	120	120	96	96	48	72	72	72	120	96	96	96	48	48	72	72	96	120	72	96	48	48
F9	72	96	120	120	72	72	48	72	48	96	72	96	72	96	48	48	48	72	96	120	72	72	48	48
F10	72	96	96	120	72	96	48	72	48	96	96	96	96	72	48	72	72	72	120	96	48	72	72	48
F11	96	96	96	96	96	72	48	72	48	72	120	96	72	96	48	48	48	96	96	96	48	96	48	48
F12	72	96	120	120	96	96	48	72	72	96	96	120	72	96	72	72	48	96	120	96	48	96	48	48
F13	96	120	120	120	96	72	48	72	72	72	96	120	72	96	48	48	72	96	96	96	48	96	48	48
F14	72	96	96	120	96	96	48	72	72	96	120	96	72	96	48	48	48	72	96	120	48	96	48	48
F15	72	72	72	120	72	96	48	72	72	72	72	96	48	72	48	72	72	96	72	96	72	72	48	48
F16	72	96	120	96	96	72	24	72	72	72	97	120	48	96	72	48	96	96	96	120	72	96	24	72
F17	72	72	96	120	96	96	48	72	48	72	96	96	48	72	24	72	72	96	96	120	72	96	24	72
F18	96	96	96	120	72	120	24	48	48	96	72	120	72	96	24	48	48	96	96	96	48	72	24	48
F19	72	96	96	96	72	96	48	72	72	72	96	120	72	72	24	48	48	72	120	120	48	96	72	72
F20	72	120	96	120	96	96	48	72	72	96	72	96	48	72	48	48	48	72	96	120	48	96	24	48
F21	72	96	72	96	96	96	48	72	48	72	120	96	72	96	48	48	72	72	96	120	48	72	48	48
F22	72	96	120	120	72	96	48	72	48	72	72	120	48	96	48	48	72	72	120	96	72	96	48	48
F23	96	120	120	120	96	96	48	72	48	72	72	96	72	72	48	48	72	72	96	96	72	96	24	48
F24	72	96	120	120	96	120	48	72	72	72	72	120	48	96	24	48	48	72	96	96	48	96	24	48
F25	120	96	120	96	96	96	48	72	72	72	72	120	72	96	24	48	72	72	120	96	72	72	72	48
F26	72	96	96	120	96	96	48	72	96	96	96	96	48	96	48	48	72	72	120	96	48	72	48	48
F27	96	96	120	96	96	72	48	72	72	96	120	120	48	72	48	48	96	96	96	120	72	96	48	48
F28	72	96	96	96	96	72	48	72	72	72	72	96	72	96	48	48	72	96	120	120	72	96	48	48
F29	96	120	96	120	96	96	48	48	72	72	96	96	72	72	48	48	72	96	72	96	72	72	48	48
F30	96	120	96	120	72	96	48	72	48	96	72	120	72	96	48	48	72	96	96	96	48	72	48	72
F31	72	96	120	120	96	72	48	48	96	96	96	120	72	72	72	48	96	96	120	120	72	96	72	72
F32	72	96	96	96	96	72	48	72	72	72	96	96	72	96	72	72	96	96	96	96	72	96	72	48
F33	72	96	96	120	96	96	48	72	72	72	72	96	48	96	48	72	96	96	72	120	48	96	48	48
F34	96	96	120	96	96	96	48	72	72	72	72	120	72	96	48	72	96	96	72	120	72	96	48	48
F35	96	96	96	120	96	72	48	72	72	72	96	96	72	96	48	48	72	72	96	96	72	120	48	72
PROM	83	96	104	113	89.8	89.1	46.6	69.3	64.5	80.9	91.2	107	65.8	87.8	46.6	52.8	68.6	84.3	101	108	61	89.8	46.6	54.2

Efecto de los metabolitos de 35 cepas de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*, en longitud de radícula y plúmula de alverja.

Tabla 7. Efecto de la dilución 1/0, 1/10, 1/100 y 1/1000 de metabolitos de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*, en longitud de radícula de alverja (*Pisum sativum* L.).

ORDEN DE MERITO	Dilución 1/10			Dilución 1/100			Dilución 1/1000		
	CEPA	Longitud de radícula en mm	Testigo (dilución cero)	CEPA	Longitud de radícula en mm	Testigo (dilución cero)	CEPA	Longitud de radícula en mm	Testigo (dilución cero)
1	F18	150.5	65.5	F20	180	67.4	F29	122.2	54.8
2	F17	112.7	53.2	F17	120	60.7	F31	110.2	62.9
3	F22	100.3	64.6	F21	101	59.8	F35	110.2	60.6
4	F35	90.3	64.3	F25	101	59.9	F20	100.5	59.5
5	F25	85.3	67.8	F13	95.6	54.6	F27	100.5	64.7
6	F33	82.6	89.9	F11	90.2	49.8	F33	90.3	87.4
7	F20	82.5	60.3	F31	90.2	65.2	F15	85.4	74.7
8	F34	80.3	65.1	F24	85.1	47.3	F32	85.4	28.5
9	F23	80.2	75.4	F19	80.8	65.4	F19	80.3	89.7
10	F19	79	59.9	F23	80.4	72.5	F11	75.3	47.8
11	F13	75.3	67.3	F7	80.2	65.9	F24	75.1	50
12	F14	75.2	64.9	F29	75.2	79.4	F16	70.5	42.9
13	F32	75.1	80.4	F15	71.9	69.8	F28	70.4	78.5
14	F30	73.3	70.2	F12	70.7	70.5	F23	70.2	47.6
15	F12	65.4	63.2	F32	70.1	45.7	F5	70.1	59.4
16	F8	60.3	69.6	F8	65.3	84.3	F10	70.1	67.9
17	F24	60.3	39.9	F9	65.3	57.9	F12	70	34.6
18	F9	60.2	70.6	F3	65.2	69.8	F1	65.8	90.5
19	F7	60.1	47.9	F33	63.4	45.6	F14	65.1	64.3
20	F28	55.3	67.6	F4	60.1	59.8	F4	60.4	74.3
21	F4	55.2	73.3	F5	50.2	70.2	F7	60.3	85.4
22	F15	50.3	59.8	F22	45.6	67.8	F8	60.3	56.9
23	F1	50.1	67.9	F30	45.1	70.3	F6	55.6	79.3
24	F31	45.8	82.3	F14	42.3	53.2	F17	55.6	65.7
25	F21	43.1	59.6	F35	42.1	83.8	F18	55.2	38.9
26	F26	40.4	80.4	F6	40.9	76.4	F21	45.6	91.2
27	F16	35.3	65.3	F2	40.5	36.7	F25	45.1	53.3
28	F2	35.3	48.7	F10	40.1	80.9	F26	40.2	75.4
29	F5	30.5	67.5	F28	35.9	67.1	F30	35.3	60.2
30	F6	25.2	62.9	F18	30.2	65.3	F3	35.2	54.7
31	F27	25.2	68.4	F26	25.4	45.9	F2	35.1	60.1
32	F3	20.4	67.9	F16	20.4	55.7	F9	20.8	88.1
33	F10	15.7	39.6	F1	18.3	76.6	F34	20.8	45.7
34	F29	15.6	90.3	F27	15.2	69.7	F13	20.3	69.7
35	F11	10.1	65.4	F34	5.9	59.8	F22	12.3	80.4

Tabla 8. Efecto de las diluciones 1/0, 1/10, 1/100 y 1/1000 de metabolitos de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*, en longitud de plúmula de alverja (*Pisum sativum* L.).

ORDEN DE MERITO	Dilución 1/10			Dilución 1/100			Dilución 1/1000		
	CEPA	Longitud de plúmula en mm	Testigo (dilución cero)	CEPA	Longitud de plúmula en mm	Testigo (dilución cero)	CEPA	Longitud de plúmula en mm	Testigo (dilución cero)
1	F17	100.4	30.4	F21	95.2	35.2	F20	90.4	35.6
2	F18	82.3	40.5	F20	90.4	28.7	F23	80.4	29.8
3	F13	70.2	18.7	F31	80.1	50.1	F15	70.6	30.1
4	F23	70.2	45.5	F32	60.3	43.2	F17	70.6	45.4
5	F20	65.2	20.5	F17	58.2	27.6	F29	70.6	42.3
6	F22	65.1	32.3	F19	55.2	25.6	F33	65.4	40.9
7	F30	50.3	31.2	F13	50.6	18.4	F14	60.6	49.8
8	F19	45.3	45.4	F30	50.4	26.7	F20	55.4	32.2
9	F12	40.6	28.6	F18	50.2	28.5	F27	55.4	30.4
10	F21	30.2	34.4	F12	45.6	39.8	F31	55.4	32.8
11	F15	30.1	27.6	F24	45.5	27.9	F35	44.4	48.9
12	F8	27.3	25.6	F23	45.3	40.2	F30	40.1	24.4
13	F32	25.3	13.4	F33	37.4	30.5	F18	36.7	30.5
14	F33	25.1	21.3	F22	30.6	32.8	F32	35.4	18.8
15	F11	20.8	29.9	F25	30.4	37.8	F11	32.1	12.8
16	F34	17.2	39.8	F1	30.1	34.4	F24	30.5	34.5
17	F16	17.1	40	F11	25.4	26.7	F1	25.4	18.9
18	F35	16.6	28.8	F14	25.1	34.5	F13	25.3	29.9
19	F2	15.3	27.6	F29	23.2	38	F15	20.8	28.7
20	F9	15.3	19.8	F15	22.5	29.1	F10	20.2	34.4
21	F14	15.3	36.7	F16	20.4	38.7	F5	19.1	38.9
22	F1	15.2	26.5	F28	20.3	34.5	F26	16.4	25.6
23	F26	15.2	30.6	F2	20.1	29.8	F16	15.7	15.5
24	F3	15.1	27.8	F5	17.2	26.7	F21	15.3	25.4
25	F25	15.1	34.5	F10	16.4	39.2	F6	15.2	23.3
26	F28	12.3	35.4	F3	15.6	34.2	F9	14.3	14.5
27	F4	10.9	26.5	F6	11.1	24.2	F3	13.4	29.5
28	F6	10.2	19.5	F4	10.3	19.3	F12	12.3	24.3
29	F5	9.7	29.7	F8	10.2	15.6	F7	10.8	13.6
30	F24	7.8	36.8	F35	10.2	39.8	F2	10.5	19.9
31	F7	5.7	37.5	F9	9.7	42.3	F34	7.8	20.3
32	F31	5.5	15.4	F34	5.9	32.1	F4	5.9	36.9
33	F27	5.4	20.9	F8	5.7	29.8	F8	5.4	24.3
34	F10	5.3	30.8	F27	3.9	30.5	F22	5.4	22.3
35	F29	3.7	42.1	F26	3.8	15.4	F28	5.3	16.7

Efecto de los metabolitos de 35 cepas de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*, en longitud de radícula y plúmula de frejol

Tabla 9. Efecto de las diluciones de metabolitos de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*, en longitud de radícula de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.)

ORDEN DE MERITO	Dilución 1/10			Dilución 1/100			Dilución 1/1000		
	CEPA	Longitud de radícula en mm	Testigo (dilución cero)	CEPA	Longitud de radícula en mm	Testigo (dilución cero)	CEPA	Longitud de radícula en mm	Testigo (dilución cero)
1	F11	110.2	65.4	F22	150	60.3	F31	125.3	67.8
2	F24	110.2	56.7	F20	135	69.9	F11	110.5	56.9
3	F9	99.2	67.5	F25	126	86	F35	105.5	99.7
4	F19	92.1	45.7	F32	105	72.2	F34	95.2	95.6
5	F4	90.3	45.9	F11	100	54	F32	87.5	57.6
6	F8	90.1	90.8	F24	95.2	43.7	F9	85.3	58.9
7	F7	85.2	67.8	F5	90.1	68.7	F22	80.4	69.7
8	F22	70.7	69.3	F35	86.2	79.6	F33	80.1	65.7
9	F23	70.3	54.9	F10	85.2	39.9	F5	79.5	57.6
10	F31	69.5	49.8	F12	85.2	49	F20	76.5	54.3
11	F13	64.4	54.2	F7	85.1	52.1	F7	75.3	49.7
12	F20	60.5	64.3	F9	80.2	34.5	F13	75.3	45.7
13	F33	60.4	69.2	F23	80.1	95.4	F14	72.2	89
14	F10	60.2	61.2	F26	75.3	56.7	F21	68.3	77.3
15	F32	60	38.8	F33	75.2	65.7	F28	67.1	70.4
16	F5	55.4	58.9	F28	72.4	37.8	F19	60.3	74.3
17	F28	55.3	57.6	F6	65.3	86.5	F24	60.2	65.7
18	F34	55.3	67.2	F8	65.2	76	F17	55.8	91.2
19	F21	55.2	55.4	F34	63.5	57.8	F23	55.6	65.4
20	F12	40.3	76.4	F31	62.3	67.5	F1	55.5	67.8
21	F3	40.1	83.2	F13	58.9	76.2	F4	55.3	45.3
22	F35	36.7	48.9	F19	56.1	80.2	F29	54.3	90.3
23	F17	35.2	57.8	F3	55.8	69.4	F10	50.3	98.7
24	F16	32.1	96.4	F14	50.2	85.9	F8	50.1	54.6
25	F6	30.3	76.6	F17	50.2	74.3	F27	50	76.5
26	F14	30.3	80.4	F30	45.2	54.6	F18	49.6	43.6
27	F2	30.2	59.8	F21	43.4	68.9	F16	42.1	67.7
28	F27	30.2	58.7	F27	40.2	56.4	F12	40.3	82.1
29	F18	29.2	69.7	F1	40.1	83.2	F2	40.2	54.7
30	F25	25.3	78.5	F4	35.8	45.5	F25	30.5	65.7
31	F29	25.3	59.7	F16	35.2	37.6	F3	25.4	83.1
32	F30	20.3	39.1	F2	35.2	84.5	F26	25.4	45.5
33	F1	20.1	59.7	F29	33.2	57.9	F30	20.8	34.6
34	F26	18.9	69.8	F15	20.4	67.2	F15	20.4	45.6
35	F15	15.3	79.3	F18	19.9	55.9	F6	15.6	87.5

Tabla 10. Efecto de las diluciones de metabolitos de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*, en longitud de plúmula de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.)

ORDEN DE MERITO	Dilución 1/10			Dilución 1/100			Dilución 1/1000		
	CEPA	Longitud de plúmula en mm	Testigo (dilución cero)	CEPA	Longitud de plúmula en mm	Testigo (dilución cero)	CEPA	Longitud de plúmula en mm	Testigo (dilución cero)
1	F24	60.4	27.6	F22	70.1	20.9	F31	70.4	14.2
2	F33	60.4	17.6	F20	60.4	26.7	F17	60.5	23.2
3	F19	50.4	10.8	F32	60.4	10.9	F11	25.4	14.3
4	F28	45.3	29.8	F31	50.7	17.5	F23	25.4	25.5
5	F20	41.1	10.7	F23	45.3	10.4	F32	25.4	20.1
6	F23	39.9	29.2	F28	41.1	28.9	F27	24.9	19
7	F35	35.4	30.3	F29	40.5	30.9	F18	24.1	28.9
8	F21	27.5	20.6	F27	40.4	35.8	F28	23.9	16.7
9	F7	25.3	19.8	F17	40.3	18.7	F6	23.1	27.6
10	F3	20.5	16.4	F13	30.9	20.1	F34	22.9	20.9
11	F34	20.5	29.1	F25	30.6	24.6	F29	21.8	13.4
12	F27	20.4	21.6	F19	30.5	34.5	F25	20.6	14.4
13	F31	19.9	12.3	F30	29.2	28.6	F13	20.4	8.9
14	F26	19.8	9.5	F34	27.4	25.6	F30	20.3	24.4
15	F22	19.2	15.4	F26	25.4	14.6	F35	20.3	20.1
16	F13	18.1	12.7	F18	23.4	27.8	F33	19.7	28.5
17	F11	15.6	29.8	F14	20.9	30.9	F15	19	19.2
18	F30	15.5	23.4	F9	20.5	32	F19	18.7	17.7
19	F10	15.4	12.5	F1	20.4	21.8	F7	18.1	12.7
20	F15	15.4	23.4	F3	20.4	6	F16	16.7	24.6
21	F25	15.4	26.7	F8	20.3	7.9	F24	15.7	35
22	F4	15.3	14.4	F12	20.3	10.1	F12	15.2	25.4
23	F18	15.2	19.9	F11	20.1	23.4	F21	14.3	28.8
24	F12	15.1	30.6	F21	18.5	15.5	F3	12.5	17.7
25	F32	14.3	28.7	F35	18.4	20.5	F26	12.5	29.8
26	F5	12.6	17.8	F15	17.1	9.8	F9	12.3	19.1
27	F8	12.3	28.7	F24	15.3	14.7	F10	12.1	14.5
28	F16	10.6	18.9	F6	12.1	18.9	F20	10.9	26.5
29	F9	10.4	26.6	F5	10.5	20.2	F5	10.6	21.1
30	F2	10.1	32.2	F33	10.5	14.3	F14	10.5	15.6
31	F17	7.6	18.7	F2	10.4	29.9	F1	10.4	28.7
32	F1	6.5	19.9	F7	10.4	28.7	F2	10.3	10.6
33	F29	5.7	14.5	F4	5.6	8.7	F22	9.9	9.9
34	F6	5.4	19.9	F10	5.4	12.5	F4	5.7	23.3
35	F14	5.4	15.9	F16	5.4	17.8	F8	5.6	10

Efecto de los metabolitos de 35 cepas de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*, en longitud de radícula y plúmula de maíz

Tabla 11. Efecto de las diluciones de metabolitos de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*, en longitud de radícula de maíz (*Zea mays* L.)

ORDEN DE MERITO	Dilución 1/10			Dilución 1/100			Dilución 1/1000		
	CEPA	Longitud de radícula en mm	Testigo (dilución cero)	CEPA	Longitud de radícula en mm	Testigo (dilución cero)	CEPA	Longitud de radícula en mm	Testigo (dilución cero)
1	F18	169.6	120.1	F18	201	114.5	F18	175.9	100.4
2	F20	162.3	120.1	F20	180	123.2	F25	175.9	119.5
3	F17	150.5	118.6	F12	119	132.2	F35	170.7	130
4	F21	145.2	100.9	F26	118	131.2	F19	167.5	129.5
5	F13	120.2	98.7	F19	111	130.5	F15	140.3	127.5
6	F19	110.3	96.7	F21	106	130	F21	130.3	126.5
7	F16	105.4	90.8	F17	105	129.7	F22	120.6	125.4
8	F26	105.2	90	F23	100	128	F20	110.3	98.7
9	F23	100.2	89.6	F1	90.3	125.8	F31	105.1	122.2
10	F9	95.2	89	F35	85.2	105.5	F9	100.2	121
11	F3	90.1	86.7	F9	75.2	124.5	F17	99.9	120.5
12	F6	90.1	86	F34	75.1	123.8	F6	98.1	120.4
13	F5	85.3	93.6	F11	70.6	121.3	F14	92.5	118.5
14	F25	75.4	80.9	F24	70.2	61.3	F28	90.3	115.4
15	F28	71.3	80.1	F16	65.6	121.3	F16	85.1	69.4
16	F27	70.1	79.8	F28	60.8	118.6	F34	80.2	11.2
17	F34	65.3	78.6	F6	60.3	117.3	F32	75.2	110
18	F29	60.3	97.4	F27	60.2	115.4	F33	70.5	109
19	F4	55.2	75.4	F29	60.1	123.4	F2	70.3	103.2
20	F15	55.2	44.3	F3	55.9	112.2	F12	70.2	101.5
21	F1	50.5	75.4	F13	55.7	111	F29	70.2	98.7
22	F12	50.3	73.2	F31	50.9	12.6	F4	70.1	95.4
23	F7	50.2	82.5	F33	50.3	110	F26	60.4	67.3
24	F35	50.1	70.5	F30	45.2	109.5	F27	60.4	89.5
25	F22	45.5	69.7	F25	40.4	105	F11	55.4	88.5
26	F30	40.3	68.5	F7	35.8	102.4	F24	50.7	94.3
27	F2	40.2	55.4	F8	35.2	98.5	F30	50.3	62.3
28	F10	40.2	64.4	F5	30.5	68.3	F23	45.3	80.4
29	F8	35.4	53.2	F10	30.4	95.4	F10	45.2	57.8
30	F32	30.1	63	F15	30.3	94.3	F5	40.4	78.5
31	F24	25.7	62.4	F4	25.1	102.5	F13	40.4	77.6
32	F31	25.5	51.3	F14	25.1	91.5	F1	25.8	89.7.5
33	F14	22.2	40.5	F2	22.3	90.3	F3	25.3	75.4
34	F11	15.5	39.3	F22	15.8	89.7	F7	25.1	73.4
35	F33	5.8	68.7	F32	5.5	67.7	F8	15.9	62.4

Tabla 12. Efecto de las diluciones de metabolitos de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*, en longitud de plúmula de maíz (*Zea mays* L.).

ORDEN DE MERITO	Dilución 1/10			Dilución 1/100			Dilución 1/1000		
	CEPA	Longitud de plúmula en mm	Testigo (dilución cero)	CEPA	Longitud de plúmula en mm	Testigo (dilución cero)	CEPA	Longitud de plúmula en mm	Testigo (dilución cero)
1	F15	57.3	32.2	F17	58.2	30.8	F13	80.3	33
2	F13	52.3	30.4	F18	58.2	28.5	F27	65.5	38.7
3	F3	50.5	34.5	F13	45.4	34.2	F14	60.5	36.7
4	F19	50.5	33.2	F26	41.3	33.7	F19	55.3	35.4
5	F26	50.5	29.5	F27	40.2	33.5	F17	50.4	33.2
6	F17	45.2	31.2	F30	40.2	33	F35	50.1	32.4
7	F21	45.2	30.9	F34	40.2	32.1	F18	45.2	33.2
8	F18	45.1	29.7	F12	35.2	31	F26	45.2	31.2
9	F23	40.3	28.7	F28	35.2	30.8	F29	45.2	30
10	F31	40.2	28.5	F20	30.3	24.3	F11	40.3	29.7
11	F34	40.2	28	F19	29.9	29.4	F23	40.3	28.7
12	F11	40.1	27.7	F21	29.7	19.4	F15	40.2	27.6
13	F20	35.4	10.5	F16	28.3	28.5	F25	35.4	27.3
14	F25	30.1	24.3	F15	27.1	23.7	F21	35.2	26.6
15	F27	25.2	18.2	F11	25.3	27.5	F16	30.2	26
16	F22	25.1	21.5	F35	25.3	26.8	F20	30.2	25.6
17	F16	24.3	20.8	F1	25.2	16.3	F33	30.2	29.6
18	F28	21.3	19.5	F23	25.2	25.8	F34	26.3	19.5
19	F14	20.4	28.6	F24	20.5	15.4	F32	25.5	23.2
20	F4	20.3	17.5	F14	20.3	24.5	F2	25.3	23
21	F5	20.2	16.5	F31	18.4	24	F10	25.3	22.5
22	F6	20.2	15.4	F4	17.2	23.6	F28	25.3	21
23	F10	19.2	28.4	F25	17.2	15.4	F24	25.2	17.4
24	F29	17.2	15.4	F8	15.2	21	F30	25.1	20.3
25	F30	17.1	11.2	F29	15.2	20.6	F31	22.3	19.5
26	F1	15.4	14.3	F32	15.1	20.3	F12	22.1	10.5
27	F12	15.4	13.2	F3	14.2	20	F22	20.5	18.7
28	F24	15.2	13	F6	13.5	18.7	F8	20.3	16.8
29	F8	14.1	12.8	F10	12.6	11.4	F4	15.3	11.2
30	F2	13.6	13.7	F7	12.5	18	F1	15.1	15.4
31	F35	13.2	11.6	F22	12.4	17.8	F6	10.7	14.3
32	F7	10.5	11	F9	12.3	17.5	F3	10.2	13.2
33	F9	10.2	15.7	F5	12.1	10.5	F5	10.2	12.4
34	F32	10.2	19.4	F2	10.5	14.5	F9	10.2	12.2
35	F33	5.9	10	F33	10.3	18.3	F7	5.8	12

Efecto de los metabolitos de 35 cepas de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*, en longitud de radícula y plúmula de trigo

Tabla 13. Efecto de las diluciones de metabolitos de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*, en longitud de radícula de trigo (*Triticum aestivum* L.).

ORDEN DE MERITO	Dilución 1/10			Dilución 1/100			Dilución 1/1000		
	CEPA	Longitud de radícula en mm	Testigo (dilución cero)	CEPA	Longitud de radícula en mm	Testigo (dilución cero)	CEPA	Longitud de radícula en mm	Testigo (dilución cero)
1	F24	180.4	100.4	F13	181	96.7	F18	185.8	101.2
2	F18	160.5	86.7	F18	160	98.7	F20	175.5	95.4
3	F26	160.5	99.8	F25	151	90.7	F22	175.5	92.1
4	F29	150.7	102	F31	151	93.3	F19	150.2	84.6
5	F21	145.4	89.5	F19	145	102.9	F24	150.2	105
6	F32	140.2	110	F29	145	100.8	F5	145.5	98.7
7	F17	135.6	98.9	F27	140	80.6	F27	145.5	98.6
8	F34	135.4	111.2	F22	135	109.5	F17	145.1	90.3
9	F33	135.2	120	F32	135	96.7	F31	140.7	113
10	F13	127	99.5	F20	131	90.5	F23	140.4	98.7
11	F20	121.2	100	F24	131	104.5	F32	140.3	111
12	F22	120.4	98.9	F30	130	112.4	F25	140	98.7
13	F5	120.3	120	F28	130	106.7	F16	135.2	94.5
14	F30	120.2	104.4	F33	130	100.5	F29	135.2	118
15	F15	120.1	102.4	F35	121	104.2	F6	130.2	112
16	F23	115.1	99.6	F14	120	109.3	F34	125.2	102
17	F16	110.2	89.9	F34	115	102.5	F26	110.6	100
18	F4	110.1	106.4	F7	110	96.6	F30	110.3	90.3
19	F28	105.6	98.7	F11	110	98.7	F2	100.3	87.6
20	F35	103.2	89.6	F9	92.1	94.3	F15	95.8	90.9
21	F14	100.3	98.8	F5	90.3	90.4	F10	95.1	115
22	F31	90.5	87.7	F26	85.4	102.2	F9	90.9	112
23	F3	85.3	115.7	F1	85.3	119	F7	90.3	100
24	F9	85.2	94.4	F6	80.6	105.6	F14	90.1	99.8
25	F19	82.3	100.2	F4	80.4	100	F8	85.3	109
26	F6	80.6	100	F8	80.3	87.6	F13	82.9	117
27	F12	80.5	99.6	F15	65.4	100.4	F35	80.6	101
28	F1	80.2	94.8	F21	65.4	98.7	F4	75.4	95.6
29	F27	70.9	110	F10	60.3	95.7	F28	75.1	98.8
30	F7	70.4	103.4	F16	55.5	99.3	F21	60.8	100
31	F10	60.4	101.2	F3	55.4	100.4	F1	60.3	103
32	F8	60.3	97.6	F23	55.4	100.2	F3	60.1	94.5
33	F25	50.2	99.8	F12	50.7	110	F12	54.2	90.2
34	F11	45.3	86.7	F17	35.4	94.4	F33	50.9	89.5
35	F2	40.5	93.2	F2	29.9	110.4	F11	40.3	104

Tabla 14. Efecto de las diluciones de metabolitos de *Fusarium moniliforme* = *F. verticillioides*, en longitud de plúmula de trigo (*Triticum aestivum* L.).

ORDEN DE MERITO	Dilución 1/10			Dilución 1/100			Dilución 1/1000		
	CEPA	Longitud de plúmula en mm	Testigo (dilución cero)	CEPA	Longitud de plúmula en mm	Testigo (dilución cero)	CEPA	Longitud de plúmula en mm	Testigo (dilución cero)
1	F20	155.9	100.1	F19	156	100.5	F18	170.5	86.5
2	F18	150.4	103.5	F29	125	99.4	F19	155.4	111
3	F22	150.4	100.2	F32	125	104.4	F16	150.6	105
4	F13	142.5	99.7	F25	121	93.6	F23	140.3	102
5	F24	130.5	100.6	F26	121	110.2	F20	127.4	98.8
6	F5	130.1	105.6	F35	115	102.6	F15	125.3	90.6
7	F33	125.3	94.3	F13	115	95.4	F29	120.6	112
8	F23	115.5	90.5	F18	115	94.3	F25	120.2	115
9	F26	115.3	102.3	F30	115	110	F31	115.7	86.6
10	F34	115.3	96.7	F27	110	73.5	F30	110.4	96.7
11	F15	115.2	89.7	F31	110	112.2	F34	110	107
12	F14	112.2	100.2	F33	106	86.5	F28	105.5	99.3
13	F32	110.4	98.7	F22	105	97.6	F27	105.4	104
14	F19	107.1	104.5	F9	101	60.8	F32	100.8	83.2
15	F21	105.5	97.6	F5	100	100.4	F10	100.5	104
16	F25	105.3	89.5	F20	100	93.2	F5	100.4	94.3
17	F29	105.3	74.4	F24	100	102	F22	95.3	101
18	F28	100.3	102.1	F7	100	90.3	F17	95.2	111
19	F30	100.2	100.2	F14	95.4	99.5	F25	95.2	100
20	F35	100.2	110	F28	95.3	95.6	F35	94.6	99.7
21	F31	95.7	88.7	F8	95.2	99.7	F7	90.4	105
22	F16	92.3	99.4	F6	90.8	67.3	F26	85.4	96.5
23	F12	90.4	100.2	F34	90.4	96.6	F14	80.3	95.7
24	F6	88.4	102.6	F17	80.2	93.5	F1	70.8	105
25	F27	85.8	110	F1	65.8	103.2	F2	70.8	68.7
26	F4	75.3	98.7	F10	60.3	42.2	F4	70.4	104
27	F9	70.5	99.5	F16	50.6	68.7	F8	70.3	86.5
28	F7	70.2	87.4	F12	50.2	98.6	F3	65.7	100
29	F10	65.3	43.9	F21	45.2	75.4	F9	65.4	96.7
30	F17	65.2	35.6	F23	43.9	90.3	F6	55.6	64.3
31	F1	60.5	84.2	F3	40.7	89.5	F33	55.6	89.5
32	F11	60.4	49.6	F11	40.2	100.7	F11	55.3	89
33	F3	60.1	87.6	F2	30.9	99.7	F13	50.1	58.5
34	F8	50.2	54.2	F15	30.5	65.5	F21	49.3	89.9
35	F2	30.3	98.4	F4	19.9	70.7	F12	35.4	57.6

APENDICE

Identificación del género siguiendo las claves de Barnett de 1962

***Fusarium* spp.**

A2: Micelio no cenocítico o con septas frecuente; conidias normalmente ausentes, excepto en algunos géneros(HONGOS IMPERFECTOS)

B1: Conidias y conidióforos no producidos dentro de un picnidio o acérvulos (MONILIALES)

C2 Conidios no enrollados.

D1: Tanto los conidios como los conidióforos (si están presente) hialino o brillantemente coloreados; conidióforos no unidos en esporodoquio o cinema (Moniliaceae).

E3: Conidios mayoritariamente de tres o más células, globoides a cilíndricos o alargados a filiformes con septos variables.

F2: Conidia no como en F1; no acuáticos sumergidos.

G2: Conidias solamente con septaciones transversales no ramificadas.

H2: Saprofitos o parásitos de plantas.

I1: Macrosporas grandes en forma de canoa típicas y micrósporas pequeñas presentes *Fusarium*.

GLOSARIO

Acido abscísico (ABA), fitohormona que regula el crecimiento. Sesquiterpeno formado por 15 carbonos, favorece la relajación de los brotes y granos y provoca el cierre de los estomas en caso de deshidratación de las plantas. Al contrario de las giberelinas, el ABA limita el crecimiento de los entrenudos y prepara a las plantas para el reposo invernal.

Ácido fusarico, micotoxina producida por *Fusarium* spp., es peligroso cuando actúa sinérgicamente con otros tricotecenos como el DON (deoxinivalenol).

Amilasa, dicese de cualquiera de las enzimas que hidrolizan el almidón, dando azúcares solubles; juegan un papel importante en el metabolismo vegetal.

Antimetabolito, sustancia que reemplaza, inhibe o compite con un metabolito específico. Estas sustancias son a menudo similares estructuralmente al metabolito con el cual interfiere, pero lo suficientemente diferente como para interferir en la multiplicación y el funcionamiento normal de las células.

Auxina, cualquiera de las hormonas o sustancias activadoras del crecimiento.

Bacteria, dicese de cualquier individuo del género *Bacterium*.

Bikaverinas, es un pigmento de *Gibberella* rojizo a Ph ácido, que se indicó originalmente por su actividad antibiótica frente a ciertos protozoos. Al igual que las giberelinas, la bikaverina se sintetiza a partir de acetyl CoA, pero en este caso a través de la ruta de los poliquetidos.

Cepa, en sentido figurado tronco de un linaje, y en este sentido viene a ser sinónimo del término *filum*. Puede tomarse como punto de arranque de una serie filogenética; o simplemente como tipo complejo, constituido por diversas estirpes. Cepas diferentes de una misma especie, pueden presentar distinta capacidad de síntesis para un determinado metabolito esencial.

Citocinesis, en la mitosis y en la meiosis, división del citoplasma celular para formar las células hijas. La citocinesis más sencilla se hace por estrangulación del citoplasma.

Citocinina o citoquininas, son un grupo de hormonas vegetales (fitohormonas) que promueven la división y la diferenciación celular.

Cromoplasto, dicese del cromatóforo teñido de amarillo anaranjado por pigmentos diversos (xantofila, carotina). Estos se hallan de preferencia en las flores y frutos, principalmente en los pétalos.

Deoxinivalenol (DON) o Vomitoxina, micotoxina producida por varias especies del género *Fusarium*, produce náuseas y vómitos en humanos y animales.

Desrepresion, proceso que activa la expresión de un gen o conjunto de genes que anteriormente había estado reprimida. Generalmente se inicia al separarse la molécula represora del promotor, ya que, el represor esta unido al ADN, la transcripción está detenida.

Dormancia, es un periodo en el ciclo biológico de un organismo en el que el crecimiento, desarrollo y actividad física se suspenden temporalmente. Esto reduce drásticamente la actividad metabólica permitiendo que el organismo conserve energía.

Embriogénesis, formación del embrión.

Endosperma, tejido reservante de las semillas, formando en el saco embrional como consecuencia de la unión del núcleo secundario del mismo con un núcleo espermático procedente del tubo polínico.

Enzima, en fitopatología, comprende a proteínas metabolizadas por microorganismo, con propiedades degradativas de paredes y membranas celulares, durante la patogénesis.

Epinastia, crecimiento excéntrico en espesor de las ramas de los árboles, con el eje orgánico de las mismas por debajo del geométrico en la epinastia.

Esporodoquio, es el entrecruzamiento de hifas, para formar un cuerpo fructífero, constituido por conidióforos que contienen conidias, uni a pluri celulares. Común en hongos de la familia forma Tuberculariaceae.

Etileno, compuesto químico orgánico formado por dos átomos de carbono enlazados mediante un doble enlace. Es una hormona natural de las plantas, usada en la agricultura para forzar la maduración de las frutas.

Filum, serie de organismos concatenados que pueden considerarse originados a partir de una misma forma fundamental.

Fitina, sal cálcico-magnésica del ácido inosito-hexafosforico.

Fitoalexinas, se refiere a compuestos químicos de autodefensa, sintetizados por las plantas en el momento de la infección de un microorganismo débilmente virulento o por fitopatógenos virulentos, inmediatamente a la infección se exponen a condiciones adversas momentáneas, no permitiendo su crecimiento y desarrollo.

Fitoenfermedad, enfermedad de las especies vegetales.

Frutos climatéricos, son las que pueden seguir madurando una vez recolectadas. Es el caso de las manzanas, peras, plátanos, palta, chirimoya. Si se compran verdes, se puede esperar a que alcancen su punto de maduración ideal.

Fumonisinias (FB1), cualquiera de una clase de micotoxinas neurotóxicas, neumotóxicas y hepatotóxicas derivadas del hongo del género *Fusarium*.

Hidrolisis, ruptura de los compuestos mediante el agua.

Hongo, organismo heterótrofo, saprofito (necrófitos) o parásitos, cuyas células (hifas) carecen de cloroplastos y su membrana puede ser celulósica o tener micosina. Su aparato vegetativo (talo) puede ser sencillo o ramificado, continuo (cenocítico) o tabicado. Se multiplica por vía agamica mediante zoosporas, conidios, oidios (ascosporas, basidiosporas).

Isoprenoides o terpenos, son polímeros del hidrocarburo de 5 átomos de carbono isopreno (2-metil-1,3-butadieno). Estos lípidos pueden ser moléculas lineales o cíclicas, y algunos presentan estructuras de ambos tipos. Según el número de isoprenos que constituyen el polímero, los isoprenoides, también llamados terpenos, se clasifican en: monoterpenos, con 2 unidades de isopreno. Diterpenos, con 4 unidades de isoprenos. Triterpenos, con 6 unidades de isopreno. Tetraterpenos o carotenoides, con 8 unidades de isopreno. politerpenos, con más unidades de isoprenos. Los terpenos, son hidrocarburos de fórmula $C_{10}H_{16}$, que se encuentran principalmente, en los aceites esenciales. Por su constitución pueden derivarse de la condensación de 2 moléculas de isopreno C_5H_8 (I). la calificación de terpeno se extiende a todos ellos dividiéndolos en hemiterpenos C_5H_8 ; terpenos propiamente dichos;

sesquiterpenos $C_{16}H_{24}$, diterpenos $C_{20}H_{32}$ y politerpenos $(C_5H_8)_n$, siendo n un número elevado.

Letargo, estado de adormecimiento e inactividad en que quedan algunos animales en determinadas épocas del año en que las condiciones del medio le son desfavorables.

Leucoplasto, plastidio incoloro, que no a formado pigmento alguno. Suele ser pequeño y de forma redondeada u ovoide. En los tejidos embrionales representa el primordio del cloroplasto o del cromoplasto.

Medio de cultivo, es el sustrato que permite el crecimiento y desarrollo de microorganismos, dañinos y benéficos; también prosperan meristemas de plantas promisorias. Puede estar constituido por órganos o porciones de plantas, o por sustancias orgánicas y sales, provenientes de la industria.

Meristema, se dice a todo tejido cuyas células crecen y se multiplican.

Meristemático, propio del meristema, relativo al mismo: tejido meristemático. El tejido meristemático es un tejido embrional, del que se forman otros tejidos adultos y diferenciados de manera diversa.

Metabolito, cualquier producto del metabolismo.

Micotoxina, toxina secretada por diferentes especies de hongos.

Moniliformina (Mon), micotoxina que causa síntomas como daño cardíaco, debilidad muscular, disnea respiratoria, descenso del consumo del alimento e inmunodepresión.

Necrofito, vegetal que se desarrolla sobre organismos muertos.

Partenocarpia, fenómeno a favor del cual se forman frutos sin previa fecundación; los rudimentos seminales, por consiguiente, no se transforman en semillas o bien dan semillas huera o estériles.

Plasmidio, fragmento de ADN de doble elice, circular, que encontramos en el citoplasma de hongos y bacterias. Son portadores de genes útiles que hacen resistentes a las bacterias contra los antibióticos, antisépticos, o metales pesados y adaptándose al medio hostil.

Pleiotropico, capacidad que tiene una sustancia de acción en distintos locus del genoma.

Policeticos, son metabolitos secundarios de bacterias, hongos, plantas y animales.

Proplastidios, son los cloroplastos juveniles.

Proteasa, cualquiera de los fermentos que actúan sobre los péptidos y los proteidos los degradan convirtiéndolos en aminoácidos. Se dividen en peptidadas y proteinasas, según los dos grupos de sustancias se hidrolizan.

Roseta, dicese de las hojas que, ora en la base del tallo (hojas radicales), o en las ramas, se disponen muy juntas, a causa de la brevedad de los entrenudos, formando a modo de una rosa.

Sinergia, acción combinada, en general. Exaltación reciproca del poder patógeno, en el caso de existencia de dos parásitos, que en otros casos produce el fenómeno opuesto (antagonismo). Llámese también sinergismo.

Toxina, producto muy toxico, lábil, secretado por un organismo vegetal o animal (Font 1985). Sustancia por lo común de naturaleza albuminoide elaborada por los seres vivos, particularmente por los microbios, y que hace el efecto de un veneno.

Translocación, reordenamiento intercromosomico consistente en el cambio de posición de un segmento cromosómico, que se puede pasar a otro cromosoma no homologo.

Tricotecenos, micotoxinas producidas por hongos como los del género *Fusarium*; estos son sesquiterpenos con un peso molecular entre 250 y 550 Dalton; reciben su nombre por poseer el esqueleto tatraciclico, 12, 13-epoxitricotec-9-eno.

Virus. Germen de varias enfermedades, principalmente contagiosas, que se atribuyen al desarrollo de microbios especiales para cada una.

Vitamina E, tocoferol. Antioxidante que protege el tejido corporal del daño causado por sustancias llamadas radicales libres, que pueden dañar células, tejidos y órganos.

Zearalenona o micotoxina F-2, micotoxina estrogénica de amplia distribución, principalmente en el maíz, causa hiperestrogenismo en animales, cerdos, caracterizado por vulvovaginitis, mamitis e infertilidad.

Zeatina, fitohormona isoprenoidica, de hecho, es la citocinina natural que se aísla de las plantas. La zeatina está implicada como inductor en la división celular, ruptura de la dominancia apical, neoformación de órganos en cultivo *in vitro*, floración y desarrollo de cloroplastos.