

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMIA



**“COMPORTAMIENTO DE 10 CULTIVARES DE ESPÁRRAGO A
Fusarium oxysporum SCHLECHT f. sp. *asparagi* COHEN Y *Meloidogyne*
incognita (Kofoid & White, 1919) Chitwood 1949”**

PRESENTADO POR:

ANGELA MARIANA TALLEDO DE LA CRUZ

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO

LIMA – PERÚ

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMIA

“COMPORTAMIENTO DE 10 CULTIVARES DE ESPÁRRAGO A *Fusarium oxysporum* SCHLECHT f. sp. *asparagi* COHEN Y *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood 1949”

Presentado por:

ANGELA MARIANA TALLEDO DE LA CRUZ

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

.....
Ing. M.S. Andrés Casas Díaz
PRESIDENTE

.....
Ing. Mg. Sc. Walter Apaza Tapia
PATROCINADOR

.....
Ing. Mg. Sc. Carlos Cadenas Giraldo
MIEMBRO

.....
Ing. Mg. Sc. Liliana Aragón Caballero
MIEMBRO

LIMA - PERÚ

2016

DEDICATORIA

A mi familia por el apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

A mi madre, por ser mi motivación para seguir ante las adversidades; que desde donde se encuentre guía y protege mi camino.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi plena gratitud al Ing. Mg. Sc. Walter Apaza por su confianza, paciencia, conocimiento brindado y apoyo incondicional en la ejecución de esta investigación.

A la UNALM y docentes de la Facultad de Agronomía por su invaluable contribución cultural, social y científica; en mi formación profesional.

A la Sra. Olga y Julia, trabajadoras del Laboratorio de Nematología de la UNALM.

A Kiara Domínguez y Nathaly Gil por ser mi soporte emocional, y ser más que mis mejores amigas, por ser mis hermanas.

RESUMEN

El cultivo de espárrago es una fuente de entrada de divisas para nuestro país y de trabajo para la población en las zonas productoras, constituyendo además un mercado estable; sumando USD 553 millones al cierre del 2015, en las categorías fresco, en conserva y congelados; siendo, indiscutiblemente, el líder exportador de espárragos a nivel mundial (VI Censo – IPEH). Debido a la importancia de encontrar una alternativa para el aprovechamiento de las hectáreas ya establecidas mediante la replantación del cultivo de espárrago, esta investigación busca evaluar el comportamiento de 10 cultivares de espárrago en suelos infestados naturalmente de *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita* bajo condiciones de invernadero en La Molina. En este experimento se evaluó el daño en raíces principales y secundarias; número de lesiones; pérdida de masa radicular; índice de daño; longitud de raíces; peso fresco y seco de tallos y raíces; porcentaje de materia seca y relación comparativa de porcentajes promedio de materia seca de tallo y raíces; escala de Zeck (Grado de Nodulación) - relación población final/ población inicial (Pf/Pi). Podemos afirmar que se observó daño de *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita* en todos los cultivares; siendo ATLAS y FCE1*M256 los menos susceptibles por presentar los menores valores en los parámetros evaluados en raíces.

PALABRAS CLAVE: Espárrago, *Fusarium oxysporum* f.sp *asparagi*, *Meloidogyne incognita*.

ABSTRACT

Asparagus is a cash crop for our country and generates new working positions for people in the regions of production, being also a stable market, achieving 553 M USD at the end of 2015, in categories as fresh market, canned and frozen. Perú, undoubtedly is the global export leader of asparagus (VI Census- IPEH). Due to the importance to find alternatives for a better exploitation of established areas through the renewal of their fields, this research evaluates the behavior of 10 cultivars of asparagus in naturally infested soils by *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* and *Meloidogyne incognita*, under greenhouse conditions, at UNALM. In this project, evaluations focused on the level of damage in principal and secondary roots, number of wounds, loss of radicular mass, damage index, length of roots, fresh and dry weight of stems and roots, percentage of dry mass, comparative relation between the average percentage of dry matter of stems and roots, Zeck scale (Degrees of nodulation) and relation between final and initial population. At the end of the testing part of the project, the conclusion was the following. Damage by *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* and *Meloidogyne incognita* was found in all cultivars, but ATLAS and FCE1*M256 were the less susceptible cultivars and also portrayed the lowest values in the evaluated parameters.

KEY WORDS: Asparagus, *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi*, *Meloidogyne incognita*.

INDICE

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION LITERARIA	3
2.1. EL CULTIVO.....	3
2.1.1. Descripción botánica.....	4
2.1.2. Requerimiento del cultivo	6
2.1.3. Cultivares	9
2.2. <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i>	10
2.2.1. Antecedentes e importancia de la enfermedad	10
2.2.2. Características morfológicas.	12
2.2.3. Ciclo de la enfermedad	13
2.2.4. Ecología	15
2.2.5. Diseminación.....	16
2.2.6. Sintomatología.....	17
2.3. <i>Meloidogyne incognita</i>	19
2.3.1. Patógeno, antecedentes e importancia del nematodo	19
2.3.2. Características morfológicas	19
2.3.3. Ecología	20
2.3.4. Ciclo de vida de <i>Meloidogyne incognita</i>	20
2.3.5. Síntomas:.....	22
2.4. INTERACCIONES ENTRE HONGOS PATOGENOS DEL SUELO Y NEMÁTODOS.....	23

III.	MATERIALES Y METODOS	25
3.1.	LUGAR Y FECHA.....	25
3.2.	METODOLOGÍA.....	25
3.2.1.	Suelo infestado con inóculo natural de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i>	25
3.2.2.	Instalación	26
3.2.3.	Bioensayo - <i>Lycopersicum esculentum</i> var. Rio Grande	29
3.2.4.	Parámetros evaluados.....	30
3.3.	Diseño experimental y análisis de datos	35
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	36
4.1.	EFFECTO DE <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> SOBRE LOS 10 CULTIVARES DE ESPÁRRAGO SEMBRADOS EN SUELO NATURALMENTE INFESTADO CON <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i>	36
4.2.	EVALUACIÓN DE VARIABLES BIOMÉTRICAS SOBRE LOS 10 CULTIVARES DE ESPÁRRAGO SEMBRADOS EN SUELO NATURALMENTE INFESTADO CON <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i>	46
4.3.	EFFECTO DE <i>Meloidogyne incognita</i> . EN EL BIOENSAYO CON TOMATE VAR. RIO GRANDE SOBRE 10 CULTIVARES DE ESPÁRRAGO SEMBRADOS EN SUELO NATURALMENTE INFESTADO CON <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i>	64
V.	CONCLUSIONES	74
VI.	RECOMENDACIONES	75
VII.	BIBLIOGRAFIA.....	76
VIII.	ANEXOS	82

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Características de los 10 cultivares de espárrago a evaluar frente a infestaciones naturales de <i>Fusarium</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i>	27
Cuadro 2: Disposición de los Tratamientos (cultivares) sembrados en arena en el invernadero.	28
Cuadro 3: Disposición de los Tratamientos (cultivares) sembrados en suelo con infestaciones naturales de <i>Fusarium</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i>	28
Cuadro 4: Escala de daño en raíces para <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> por Block, W.J, 1997.....	33
Cuadro 5: Escala para la pérdida de masa radicular Block, W.J., 1997.....	33
Cuadro 6: Escala numérica de Evaluación propuesta por Zeck, W.M. 1971 para raíces infestadas por <i>Meloidogyne</i> spp.....	34
Cuadro 7: Porcentaje de daño promedio en raíces principales y secundarias (%), y número de lesiones; de los cultivares de espárrago sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i>	37
Cuadro 8: Escala promedio de daño en raíces principales y secundarias, Pérdida de masa radicular e Índice total de daño en los cultivares de espárrago sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i>	42
Cuadro 9: Longitud promedio de Raíces, en mm, de los Cultivares de espárrago sembrados en arena y en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i>	48
Cuadro 10: Pesos promedio fresco y seco de follaje (g), y peso promedio fresco y seco de raíces (g); de los cultivares de espárrago sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i>	51

Cuadro 11: Porcentaje promedio de Materia Seca de follaje y raíces; de los cultivares de espárrago sembrados en arena y en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i>	58
Cuadro 12: Relación Comparativa de Porcentajes promedio de Materia Seca de tallo y raíces (%), de los cultivares de espárrago sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> entre aquellos sembrados en arena. (Los valores más cercanos a 100% no tuvieron perdida de materia seca en aquellos cultivares que presentaron daño con relación a aquellos sembrados en arena).	62
Cuadro 13: Tasa poblacional (Población final/Población inicial) y escala de Zeck, W.M. 1971; de los cultivares de espárrago sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i>	66
Cuadro 14: Tasa poblacional (Población final/Población inicial) y escala de Zeck, W.M. 1971; de tomate var. Rio Grande sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i>	67

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Escala visual de Evaluación propuesta por Zeck, W.M. 1971 para raíces infestadas por *Meloidogyne* spp..... 34
- Figura 2: Porcentaje de daño promedio en raíces principales y secundarias (%), de los cultivares de espárrago sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. 38
- Figura 3: Número de Lesiones promedio en raíces; de los cultivares de espárrago sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita* 40
- Figura 4: Escala promedio de daño en raíces principales y secundarias, Pérdida de masa radicular e Índice total de daño en los cultivares de espárrago sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*..... 43
- Figura 5: Temperaturas presentadas durante el desarrollo de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2014- 2015..... 45
- Figura 6: Longitud promedio de Raíces, en mm, de los Cultivares de espárrago sembrados en arena y en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. 49
- Figura 7: Pesos promedio fresco y seco de tallo (g), de los cultivares de espárrago sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. 52
- Figura 8: Pesos promedio fresco y seco de raíces (g), de los cultivares de espárrago sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. 54
- Figura 9: Comparativo de Porcentajes promedio de Materia Seca de tallo (%), de los cultivares de espárrago sembrados en arena y en suelo de la Irrigación Chavimochic,

naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. 59

Figura 10: Comparativo de Porcentajes promedio de Materia Seca de raíces (%), de los cultivares de espárrago sembrados en arena y en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. 60

Figura 11: Relación Comparativa de Porcentajes promedio de Materia Seca de tallo y raíces (%), de los cultivares de espárrago sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita* entre aquellos sembrados en arena. (Los valores más cercanos a 100% no tuvieron perdida de materia seca en aquellos cultivares que presentaron daño con relación a aquellos sembrados en arena). 63

Figura 12: Comparativo de Tasa Poblacional de *Meloidogyne incognita* en cultivares de espárrago y tomate var. Rio Grande sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita* y los cultivares de espárrago sembrados en arena. 68

Figura 13: Comparativo de la Escala de Zeck, W.M. 1971 para el daño por *Meloidogyne incognita* en cultivares de espárrago y tomate var. Rio Grande sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita* y los cultivares de espárrago sembrados en arena. 69

Figura 14: Composición de fotos de los Cultivares de espárrago sembrados en arena y en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. 71

Figura 15: Composición de fotos en forma general de los Cultivares de espárrago sembrados en arena y en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. 72

Figura 16: Composición de fotos en forma general de los Cultivares de espárrago sembrados en arena y en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. 73

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: Análisis de variancia para la variable longitud de raíces (mm) de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	83
ANEXO 2: Prueba de medias (Tukey P= 0.05) para la variable longitud de raíces (mm) de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	83
ANEXO 3: Análisis de variancia para la variable longitud de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.....	84
ANEXO 4: Prueba de medias (Tukey P= 0.05) para la variable longitud de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.	84
ANEXO 5: Análisis de variancia para la variable porcentaje de daño en raíces principales de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	85
ANEXO 6: Prueba de medias (Tukey P=0.05) para la variable porcentaje de daño en raíces principales de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	85
ANEXO 7: Análisis de variancia para la variable escala de daño en raíces principales de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	86
ANEXO 8: Prueba de medias (Tukey P=0.05) para la variable escala de daño en raíces secundarias de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación	

Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	86
ANEXO 9: Análisis de variancia para la variable porcentaje de daño en raíces secundarias de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	87
ANEXO 10: Prueba de medias (Tukey P= 0.05) para la variable porcentaje de daño en raíces secundarias de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	87
ANEXO 11: Análisis de variancia para la variable escala de daño en raíces secundarias de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	88
ANEXO 12: Prueba de medias (Tukey P= 0.05) para la variable escala de daño en raíces secundarias de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	88
ANEXO 13: Análisis de variancia para la variable número de lesiones de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	89
ANEXO 14: Prueba de medias (Tukey P= 0.05) para la variable número de lesiones de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	89
ANEXO 15: Análisis de Variancia para la variable Pérdida de masa radicular de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	90

ANEXO 16: Prueba de medias (Tukey P= 0.05) para la variable Pérdida de masa radicular de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	90
ANEXO 17: Análisis de variancia para la variable Índice de daño de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.....	91
ANEXO 18: Prueba medias (Tukey P=0.05) para la variable Índice de daño de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	91
ANEXO 19: Análisis de variancia para la variable Peso fresco de tallo, de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.....	92
ANEXO 20: Prueba de medias (Tukey P= 0.05) para la variable Peso fresco de tallo, de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	92
ANEXO 21: Análisis de variancia para la variable Peso fresco de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.....	93
ANEXO 22: Prueba de medias (Tukey P= 0.05) para la variable Peso fresco de raíces, de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	93
ANEXO 23: Análisis de variancia para la variable Peso seco de tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado	

con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.....	94
ANEXO 24: Prueba de medias (Tukey P= 0.05) para la variable Peso seco de tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne</i> <i>incognita</i> . La Molina, 2015.	94
ANEXO 25: Análisis de variancia para la variable Peso seco de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.....	95
ANEXO 26: Prueba de medias (Tukey P= 0.05) para la variable Peso seco de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne</i> <i>incognita</i> . La Molina, 2015.	95
ANEXO 27: Análisis de variancia para la variable porcentaje de materia seca del tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne</i> <i>incognita</i> . La Molina, 2015.	96
ANEXO 28: Prueba de medias (Tukey P= 0.05) para la variable porcentaje de materia seca del tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	96
ANEXO 29: Análisis de variancia para la variable porcentaje de materia seca de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne</i> <i>incognita</i> . La Molina, 2015.	97
ANEXO 30: Prueba de medias (Tukey P=0.05) para la variable porcentaje de materia seca de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	97

ANEXO 31:	Análisis de variancia para la variable peso fresco tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.....	98
ANEXO 32:	Prueba de medias (Tukey $P=0.05$) para la variable peso fresco de tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.....	98
ANEXO 33:	Análisis de variancia para la variable peso fresco raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.....	99
ANEXO 34:	Prueba de medias (Tukey $P=0.05$) para la variable peso fresco raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.	99
ANEXO 35:	Análisis de variancia para la variable peso seco de tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.....	100
ANEXO 36:	Prueba de medias (Tukey $P= 0.05$) para la variable peso seco de tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.	100
ANEXO 37:	Análisis de variancia para la variable peso seco raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.....	101
ANEXO 38:	Prueba de medias (Tukey $P= 0.05$) para la variable peso seco raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.	101
ANEXO 39:	Análisis de Variancia para la variable porcentaje de materia seca del tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.	102
ANEXO 40:	Prueba de medias (Tukey $P=0.05$) para la variable porcentaje de materia seca del tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.....	102
ANEXO 41:	Análisis de Variancia para la variable porcentaje de materia seca de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.	103
ANEXO 42:	Prueba de medias (Tukey $P=0.05$) para la variable porcentaje de materia seca de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.....	103
ANEXO 43:	Análisis de Variancia para la variable porcentaje de materia seca de tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic,	

naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	104
ANEXO 44: Prueba de medias (Tukey P=0.05) para la variable comparativo de porcentajes de materia seca de tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	104
ANEXO 45: Análisis de Variancia para la variable porcentaje de materia seca de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	105
ANEXO 46: Prueba de medias (Tukey P=0.05) para la variable comparativo de porcentajes de materia seca de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	105
ANEXO 47: Análisis de Variancia para la variable relación comparativa de porcentajes de materia seca de tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en arena y en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	106
ANEXO 48: Prueba de medias (Tukey P=0.05) para la variable relación comparativo de porcentajes de materia seca de tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en arena y en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	106
ANEXO 49: Análisis de Variancia para la variable relación comparativa de porcentajes de materia seca de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en arena y en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	107
ANEXO 50: Prueba de medias (Tukey P=0.05) para la variable relación comparativa de porcentajes de materia seca de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en arena y en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	107

ANEXO 51: Análisis de Variancia para la variable Tasa poblacional de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.....	108
ANEXO 52: Prueba de media (Tukey P=0.05) para la variable Tasa poblacional de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	108
ANEXO 53: Análisis de Variancia para la variable Escala Zeck de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.....	109
ANEXO 54: Prueba de medias (Tukey P=0.05) para la variable Escala Zeck de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015. La Molina, 2015.....	109
ANEXO 55: Análisis de Variancia para la variable tasa poblacional de los plantines de tomate var. Rio Grande sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	110
ANEXO 56: Prueba de medias (Tukey P=0.05) para la variable tasa poblacional de los plantines de tomate var. Rio Grande sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	110
ANEXO 57: Análisis de Variancia para la variable Escala Zeck de los plantines de tomate var. Rio Grande sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	111
ANEXO 58: Prueba de medias (Tukey P=0.05) para la variable Escala Zeck de los plantines de tomate var. Rio Grande sembrados en suelo, de la Irrigación	

Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	111
ANEXO 59: Características químicas del agua empleada en el riego de de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	112
ANEXO 60: Datos meteorológicos presentados durante la ejecución del experimento de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	113
ANEXO 61: Análisis nematológico inicial del suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> . La Molina, 2015.	114
ANEXO 62: Análisis nematológico – Poblaciones finales; del suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i>	115
ANEXO 63: Análisis Fitopatológico del suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i> y <i>Meloidogyne incognita</i>	118

I. INTRODUCCION

El espárrago, denominado científicamente *Asparagus officinalis L.*, es una planta originaria de Asia menor. Pertenece a la familia Liliaceae; planta perenne cuyo cultivo dura entre 8 a 15 años a efectos de tener rendimientos rentables (Garcés et al., 2001).

El cultivo de espárrago es una fuente de entrada de divisas para nuestro país y de trabajo para la población en las zonas productoras, constituyendo además un mercado estable en el cual tenemos una posición de liderazgo a nivel mundial; ocupando el primer lugar en exportaciones en fresco superando a China y países Europeos además de ser poseedores del tercer mayor rendimiento por hectárea en producción del mundo con 11.4 TM por hectárea, detrás de Irán (22.9) y Polonia (15,1), según la Organización para la alimentación y la Agricultura (FAO).

Las áreas de este cultivo en nuestro país a finales del 2013 ascienden a 26.184.20 ha, lo que representa un aumento de 58.8 ha frente a las registradas en el VI Censo – IPEH, el cual detalló que la región con mayor área sembrada con este cultivo es La Libertad, donde existen 10.993.31 ha (VI Censo – IPEH). Los altos rendimientos se dan gracias a las grandes ventajas para la producción como las excelentes condiciones climáticas y los suelos sueltos de la costa peruana, esta última considerada el invernadero natural más grande del mundo (Delgado de la flor et. al, 1987).

El espárrago es considerado uno de los productos estrella de las agroexportaciones en nuestro país, sumando USD 553 millones al cierre del 2015, en las categorías fresco, en conserva y congelados; siendo, indiscutiblemente, el líder exportador de espárragos a nivel mundial (VI Censo – IPEH).

Por ser este un cultivo de gran importancia para nuestro país, es necesaria la renovación de las hectáreas plantadas de espárrago existentes, debido a que el ciclo de vida (de 8 a 15 años en promedio) de la mayoría de campos está llegando a su fin, de no hacerlo el negocio decaería abruptamente, pero algunos productores han optado por el monocultivo debido a la escasez y altos costos de dicha renovación, pero fueron frenados por el problema que surge con las replantaciones en estas áreas, como la fatiga del suelo por el monocultivo, la cual

ocasiona un incremento de las poblaciones de organismos patógenos, como por ejemplo hongos (*Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi*) o nemátodos (*Meloidogyne incognita*) los cuales traen como consecuencia bajos rendimientos, decaimiento y posterior muerte del cultivo. Es de suma importancia buscar alternativas que aumenten la rentabilidad y productividad de este cultivo con la finalidad de seguir siendo líderes en el mercado internacional, lo cual seguirá trayendo oportunidades económicas laborales y de desarrollo para el país.

Es por ello que con el fin de encontrar una alternativa para el aprovechamiento de las hectáreas ya establecidas mediante la replantación del cultivo de espárrago, esta investigación busca encontrar un cultivar ideal para esta situación, el cual tenga un comportamiento óptimo tanto de desarrollo como de tolerancia ante infestaciones naturales de *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita* en suelo de una esparraguera que terminó su ciclo de vida productiva (10 años) en la Irrigación Chavimochic bajo condiciones de invernadero en la Universidad Nacional Agraria La Molina, con lo cual se puede esperar un buen rendimiento y así no detener la permanencia del espárrago como producto bandera de nuestras exportaciones.

El objetivo del presente trabajo es el siguiente:

- Evaluar el comportamiento de 10 cultivares de espárrago en suelos infestados naturalmente de *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita* bajo condiciones de invernadero en La Molina.

II. REVISION LITERARIA

2.1. EL CULTIVO

El género *Asparagus* tiene una amplia distribución en el Viejo Mundo, pudiendo encontrarse en el Sur de África y al Nor-Este de Asia. Tiene su centro de origen en el Mediterráneo, donde se puede encontrar plantas silvestres normalmente en zonas húmedas, no afectándole la longitud del día por ser plantas de día neutro. (Delgado de la Flor et al., 1987).

El espárrago denominado botánicamente *Asparagus officinalis* L. var. *officinalis*, es una planta monocotiledónea, herbácea perenne, perteneciente a la familia Liliaceae. (Gonzalez et al., 1993).

Dentro del género *Asparagus* figuran más de 150 especies, siendo *officinalis* la única comestible y las demás ornamentales. (Valadez, 1989)

El uso del espárrago se remonta a la época de los griegos y romanos, siendo la única especie de la familia que crece en forma erecta y se cultivó extensivamente para cumplir una función alimenticia (Montes y Holle, 1978).

Es uno de los cultivos hortícolas que aporta mayores beneficios, es una planta vivaz, cuya vida productiva es de 7 u 8 años. Las esparragueras silvestres tienen una vida mucho más larga, llegando incluso a los 20 o 30 años. (Benages, 1990) por ser una planta perenne y como tal se considera que su fase productiva puede durar indefinidamente, el tiempo de duración comercial de una plantación está relacionado a los cuidados culturales que se le dedique, siendo considerado aceptado un promedio de 10 a 15 años; en Perú plantaciones de 12 a 14 años mantienen su valor comercial y sus rendimientos no muestran tendencia a decrecer, aunque en periodos de poco cuidados culturales los rendimientos decrecieron considerablemente, recuperándose la plantación al mejorar los cuidados del cultivo. (Garcés et al., 2001) cabe mencionar que el rendimiento de una plantación en un año está determinado por varios factores entre los cuales se puede citar la edad de la corona,

temperatura y fertilidad del suelo, métodos culturales, humedad, cultivares, enfermedades, plagas, tamaño y sexo de las corona. (Montes y Holle, 1978).

2.1.1. Descripción botánica

El espárrago es una planta herbácea perenne, presenta un follaje estacional (anual), es decir que su duración corresponde a una estación, mientras que su rizoma y raíces son perennes. Esto implica que las raíces constantemente desarrollan y acumulan sustancias en base a los nutrientes asimilados y elaborados en las hojas, tallos y los elementos que absorban los pelos radiculares de la corona (Valadez, 1989).

El ciclo vital de las plantas de espárrago verde se divide en 4 fases: de crecimiento temprano, los primeros 2 años desde la plantación, caracterizados por un fuerte desarrollo vegetativo; de productividad creciente (3° - 4° año) que corresponde a los 2 primeros años de cosecha; de productividad estable (4° - 10° año) y finalmente la de productividad decreciente (10 años en adelante) (Asprelli et al., 2005).

La planta de espárrago posee un sistema radical muy potente constituido en su parte subterránea por un rizoma, (Apablaza, 1988). con dos tipos de raíces: unas carnosas y gruesas que pueden arraigar hasta más de un metro de profundidad y cuya función es almacenar carbohidratos y otras fibras que son delgadas y cortas, cuya función es la absorción de agua y nutrientes. Las raíces principales nacen directamente del tallo subterráneo o rizoma y presenta las siguientes características: color amarillento, generalmente cilíndricas con diámetros de 0.5 hasta 1 mm longitud indeterminada, que puede llegar hasta 3 - 4 m dependiendo de la textura del suelo. No se ramifican, crecen horizontalmente en los primeros 0.30 m a 0.40 m. del suelo su estructura fisiológica no le permite crecer ni regenerar una vez que se corta o daña su ápice vegetativo. Tiene la función de almacenar sustancias de reserva. Las otras son las raíces secundarias se desarrollan sobre las raíces principales. Son cilíndricas con diámetro de 0.5 a 1 mm poseen color más pálido, casi blanquecino. Su función es la de absorción de agua y elementos nutritivos, son fibrosas, muy poco ramificadas, anuales, más delgadas que las anteriores y absorbentes, pues mantienen una mayor cantidad de pelos absorbentes durante la etapa vegetativa de la planta y disminuye en la etapa de descanso de la planta, una vez que las raíces suculentas han almacenado suficiente cantidad de carbohidratos.

Estas raíces se encuentran a mayor profundidad que las raíces reservantes y pueden desarrollarse mucho. Denominando a todo este conjunto con el nombre de corona, araña o champa. (Benson, 1981). O también llamada comúnmente como “garra” (Carbajal, 2012). Aunque este nombre se le da principalmente durante el primer año de crecimiento, también se puede hacer extensivo a todos los años de su periodo productivo. Las nuevas raíces que van apareciendo a lo largo de los años nacen en la “cepa” en sentido ascendente, por lo que cada año la “garra” se encuentra más superficialmente. (Benages, 1990).

El Tallo principal es único, subterráneo, modificado, que se inicia y forma parte de la corona; constituyendo esencialmente un rizoma de desarrollo horizontal formado por un disco o “cepa” sobre el que se forman a su vez una serie de yemas que evolucionaran hasta formar la parte aérea de la planta; estos primordios vegetativos desarrollados reciben el nombre de turiones; (Delgado de la Flor et al., 1987) siempre y cuando haya una gran acumulación de sustancias de reserva que promuevan su crecimiento. Este tallo se desarrolla en el terreno horizontalmente en forma de base o plataforma desde la cual se producen, según su tropismo, otros órganos de la planta. (Garcés et al., 2001)

Los turiones empiezan a desarrollarse en la primavera, cuando las temperaturas alcanzan los 10°-12°C. A una altura aproximada de 15 o 20 mm se ramifican, crecen longitudinalmente, empiezan a lignificar y de la axila de cada bráctea, separadas progresivamente por la elongación continua, surgirá una nueva ramificación de apariencia y desarrollo arborescente, las cuales al final se poblarán de unas hojas filiformes modificadas que son muy finas y cortas denominadas cladodios (González et al., 1993). Este conjunto final del tallo aéreo ramificado y con hojas, se le llama plumero o también se le denomina fronde y es la encargada de transformar las sustancias químicas en materia orgánica, para formar las reservas que le permitirían al año siguiente dar una importante producción de turiones. Según el mayor o menor desarrollo de los frondes al finalizar el año, podemos prever la producción aproximada de la esparraguera al año siguiente. (Garcés et al., 2001)

La altura de las frondes en las plantaciones de regadío es de 1,20 a 1,50 m. En las plantaciones de secano la altura es más reducida, oscilando entre 0,70 y 1 m. Los frondes son más o menos compactos según la variedad y el tipo de suelo en el que se cultiva. Las

variedades muy frondosas tienen mayor masa foliar y esto repercute en una mayor capacidad para acumular reservas en las raíces, por lo que las producciones son más altas. Por el contrario, los frondes muy compactos tienen menor ventilación y son más sensibles a enfermedades (Benages, 1990).

Los tallos de las variedades de espárrago verde se ramifican a más altura que las de espárrago blanco, por lo que dan la impresión de ser los frondes más esbeltos. Las Flores son pequeñas, normalmente solitarias, acampanuladas y con la corola verde amarillenta. Su naturaleza generalmente dioica, explica la diferenciación de sexos, existiendo plantas con solo flores masculinas, individuos machos, plantas con solo flores femeninas, individuos hembras, y plantas hermafroditas (Gonzalez et al., 1993).

Las plantas femeninas tienen una gran cantidad de bayas, y son más susceptibles que los machos a doblarse por los fuertes vientos y caer sobre las entrelineas, debido a su peso, dificultando las labores y reduciendo las reservas de las “garras”, lo que se traduce en una menor producción al años siguiente (Benages, 1990).

2.1.2. Requerimiento del cultivo

a. Clima

El espárrago es una planta originaria de climas templados, con estaciones bien definidas, necesitando de un periodo de baja temperatura o de deficiencia de humedad, durante el cual detiene su crecimiento para poder acumular reservas alimenticias y realizar cambios bioquímicos que originaran posteriormente los brotes suculentos o turiones, que se consumen normalmente (Delgado de la Flor et al., 1987). Necesita un periodo de reposo vegetativo mayor de 90 días, provocado normalmente por las bajas temperaturas invernales. En algunos climas muy calurosos, este reposo vegetativo puede ser provocado por los calores estivales, falta de riegos, etc. (Benages, 1990).

El espárrago es una planta que se adapta a gran diversidad de climas, como lo demuestra la existencia de espárragos silvestres. Sin embargo, se desarrolla mejor en zonas que tengan primaveras tempranas y suaves, ya que repercute directamente en la precocidad y el periodo de recolección (Benages, 1990).

Aunque originario de climas templados, tiene una gran capacidad de adaptación, lográndose buenos cultivos en zonas de climas sub-tropicales, como la costa central del Perú. Esta zona carece de precipitación, y es posible llevar el cultivo en forma continua, cosechándolo dos veces por año. Para esas condiciones, se recomienda evitar que el momento de la cosecha coincida con la época de más calor, ya que ello influirá directamente en una merma en la calidad de los turiones y, por consiguiente en el rendimiento de la plantación. (Montes y Holle, 1978).

b. Temperatura

Las temperaturas ambientales óptimas de crecimiento de esta planta se encuentran entre los 14°C y 22°C, aunque son favorables las temperaturas entre 8°C y 26°C. La alternancia de temperaturas altas y bajas entre el día y la noche, con una diferencia de 10°C a 12°C favorece el rendimiento de la planta, siempre y cuando las temperaturas mínimas no bajen de 4°C, ya que los turiones son muy sensibles a estas temperaturas. Temperaturas ambientales mayores aceleran el crecimiento del turión, de manera que a 24°C este puede crecer a un ritmo de 5 mm diarios (Delgado de la Flor et al., 1987). En general, las zonas que presenten promedios mensuales entre 15 y 25°C ofrecen condiciones adecuadas para el cultivo. Temperaturas superiores a los 30°C promueven características indeseables como el rameo y deshidratación del turión. Los brotes sometidos a temperaturas de 40°C ramean con apenas 5 mm de emergencia sobre el suelo. El mejor rendimiento parece obtenerse con temperaturas medias durante el día (20-25°C), y bajas durante la noche (8-10°C). Los vientos fuertes tienden a retardar el crecimiento del lado de la incidencia, dando origen a turiones torcidos (Montes y Holle, 1978).

Es importante considerar no solo las temperaturas ambientales sino también las del suelo, puesto que un aumento de la temperatura en los 3 a 4 mm. superficiales del suelo provocara una rápida apertura de las yemas apicales; por esto, debe tratarse que la época de cosecha no coincida con la de temperaturas muy altas. Temperaturas óptimas del suelo se encuentran entre los 16°C y 32°C fuera de estas temperaturas se inhibe o retarda el crecimiento (Delgado de la Flor et al., 1987).

c. Suelo

Aunque el espárrago es cultivado en suelos de características muy diferentes, que varían desde la arcilla a arenas muy finas, o incluso suelos de naturaleza orgánica (Montes y Holle, 1978). Los suelos más aptos para el espárrago deben ser sueltos, fértiles, sin piedras y profundos (1 m) (Delgado de la Flor et al., 1987).

Los terrenos óptimos para el desarrollo del cultivo son los franco-arenosos (Montes y Holle, 1978). La labranza es menos laboriosa y de menor costo en suelos arenosos, que son bien aireados, secan rápido después del riego o la lluvia, y no forman costra en la superficie, dando como resultado un producto más atractivo que en suelos pesados, sin embargo, no es conveniente que el suelo sea demasiado suelto o ligero, de modo especial si el subsuelo está compuesto por arena y grava. Ha de tenerse en cuenta que el subsuelo debe detener humedad manteniendo buen drenaje.

El espárrago es una planta que resiste un alto contenido de alcalinidad y salinidad comparado con otras plantas cultivadas, pero al mismo tiempo no tolera suelos muy ácidos. A pesar de su resistencia a la salinidad, el espárrago no rinde igual en un suelo salino o un suelo normal; un suelo salino determinara que la calidad y el rendimiento de los turiones disminuya (Delgado de la Flor et al., 1987). Conviene evitar los suelos excesivamente salinos y los muy calizos. En este sentido, suelos con pH entre 6.2 y 7.8 son los más adecuados para el cultivo del espárrago (Benages, 1990).

La fertilidad es otro de los factores básicos del suelo donde se va a sembrar espárrago (Delgado de la Flor et al., 1987). La materia orgánica es muy importante para que el cultivo se desarrolle de forma óptima, por lo que si la parcela no tiene los niveles suficientes será necesario realizar aportaciones de estiércol (Benages, 1990) pues esta planta requiere un alto contenido de materia orgánica por tratarse de un cultivo cuya cosecha es una parte vegetativa, que debe disponer de elementos nutritivos durante un largo lapso, por ser una planta perenne. Sobre todo durante los primeros estadios de desarrollo, debe tener a su disposición los nutrientes que pueda absorber fácilmente y que le ayuden a formar un sistema radicular y vegetativo vigoroso. (Delgado de la Flor et al., 1987).

d. Agua

El espárrago es una planta exigente en agua, regulándose la etapa de desarrollo vegetativo y la época de cosecha por su presencia lo que es conveniente tener en cuenta al planear una plantación de espárrago (Delgado de la Flor et al., 1987). Aunque se desarrolla de forma óptima en los regadíos, es una planta que resiste bastante bien la sequía, aunque se reduce la producción notablemente. Las mayores necesidades de agua las tiene durante el verano, cuando hace más calor y el desarrollo de la masa foliar es considerable (Benages, 1990).

2.1.3. Cultivares

El espárrago es un cultivo cuyas plantas son dioicas, siendo más productivas las plantas masculinas que las femeninas (Castagnino y Rosini, 2009). Diversos autores (Franken, 1970; Moon, 1976; Falloon y Nikoloff, 1986; Cattivelo, 2002) concuerdan en que las plantas estaminadas (masculinas) presentan mayor número de turiones mientras que las pistiladas (femeninas) tienen mayores diámetros. A diferencia de otras especies hortícolas, tiene un número reducido de cultivares comerciales que, a partir de una base genética e histórica muy restringida, han sido mejorados y seleccionados con distintos objetivos (Knaflowski, 1996), con potenciales de rendimiento y características cualitativas bastante diferentes para distintos países o regiones productivas (Benson, 2002).

Actualmente se ha difundido el empleo de cultivares enteramente masculinos más uniformes en la producción de calibres y con mayor potencial de rendimiento y sanidad, en ambientes que les permite expresar su potencial, tal como lo indica Castagnino et al. (2011). El rendimiento y calidad de cualquier cultivo está determinado por un componente genético y un componente ambiental (Holliday, 1960). El componente genético está dado por el cultivar utilizado. En algunos países latinoamericanos como Chile, Perú y Argentina, el principal cultivar utilizado es el cultivar de origen americano UC157. (González, 2001). La inexistencia de evaluaciones objetivas y las dificultades que presentan al tratarse de una especie perenne, llevaron, hace más de dos décadas, a la plantación del cultivar UC157 y sus derivados como patrón de comparación para la evaluación de nuevos cultivares (Krarup y Mann, 1997).

Como se trata de una especie que presenta gran interacción del genotipo con el ambiente, es necesario realizar pruebas comparativas, para determinar si un nuevo cultivar de espárrago puede ser cultivado con éxito y si mantiene dicha tendencia en el tiempo (Marina et al., 2010).

2.2. *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi*

Fusarium oxysporum es uno de los hongos más comunes del suelo, siendo altamente variable en su patogenicidad y muy activo bajo un amplio rango de condiciones ambientales (Garcés et al., 2001).

También denominado hongo cosmopolita ya que se presenta principalmente como saprófito en el suelo, o también como patógeno especializado, denominado forma especial (f. sp.), según la planta hospedante u hospedantes relacionados que afecte (Garcés et al., 2001); existe en muchas formas patogénicas, parasitando más de 100 especies de plantas Gimnospermas y Angiospermas, gracias a los diversos mecanismos que tiene el hongo para vencer las defensas de muchas plantas (Bosland, 1988). El taxón forma especial (f. sp) corresponde a cepas cuyas características morfológicas y de cultivo son indistinguibles, pero muestran diferentes propiedades fisiológicas en su habilidad para parasitar un hospedante específico (Marquina y Plasencia, 1990). Se observa una muy alta especialización en las plantas hospedantes que puede atacar. Esta selectividad patogénica de las formas especiales de *F. oxysporum* se debe a que solamente las plantas hospedantes y sus exudados radicales satisfacen los requerimientos nutricionales del hongo y, por lo tanto, éste solamente puede crecer y desarrollarse en ese tipo de plantas (Newhall, 1958).

La forma especial que afecta al espárrago en nuestras condiciones es *asparagi*. (Nelson et al., 1981).

2.2.1. Antecedentes e importancia de la enfermedad

Debido a su condición de cultivo perenne, los microorganismos patógenos tienen mayores posibilidades de establecerse e interactuar con la planta, formando complejos de enfermedades que resultan difíciles de controlar. Además, por ser la cosecha una acción debilitante para el cultivo, al atrasar y eliminar parte del futuro follaje de la planta, se afectan los mecanismos de defensa de la planta frente al posible ingreso de patógenos en sus tejidos. (Krarup y Mann, 1997).

La marchitez y pudrición de coronas en espárragos (*Asparagus officinalis* L.) es la enfermedad más ampliamente distribuida en el mundo y su presencia ha sido detectada en Australia, Canadá, Estados Unidos, Alemania; Holanda; Italia; Francia; Inglaterra, España; Taiwan y otros (Sherf y McNab, 1986).

Diversas especies del genero *Fusarium* han sido mencionados como posibles causantes de la marchitez. Las más comunes son *F. oxysporum* Schlecht, *F. moniliforme* Sheldon y *F. culmorum* (W:G: Smith) (Grogan y Kimble, 1959).

La amplia distribución de la mayoría de las poblaciones de *Fusarium* probablemente puede ser atribuida a factores como la habilidad de colonizar un amplio rango de sustratos y su eficiente mecanismo para dispersarse en el tiempo y/o en el espacio. Estos dos factores también contribuyen a su habilidad de adaptarse fácilmente a nuevos nichos ecológicos creados por el hombre. De esta manera los integrantes patogénicos de estas especies son particularmente difíciles de eliminar de suelos infestados, porque persisten en diferentes condiciones en el suelo, desarrollando estructuras de conservación y colonizando otras plantas no susceptibles. (Nelson, 1981).

En 1946 Cohen, encontró en zonas esparragueras de Alemania, que la pudrición de raíz y marchitez vascular presentes en el espárrago era causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* la cual es diferente de la pudrición de pie que se presenta, la cual es causada por *Fusarium culmorum*; mientras que, en los Estados Unidos en ciudades como Michigan se pueden encontrar strains de *F. oxysporum* f. sp. *gladioli* y *F. oxysporum* f. sp. *apii* raza 1 causando lesiones en raíces en plántula de espárrago.

Al parecer esta es la misma enfermedad que ha sido reportada en los Estados Unidos desde 1908 como “pudrición de tallo”, “espárragos enanos”, “necrosis del tallo”, “pudrición radicular” y “marchitez”. (Elmer, 1989)

Fusarium oxysporum f. sp. *asparagi* es considerado como el factor limitante más importante de la producción del espárrago y se encuentra presente en todas las regiones del mundo donde se cultiva (Montes y Holle, 1978).

F. oxysporum Schlecht f. sp. *asparagi* Cohen es el principal causante de la disminución de la productividad de las esparragueras en California y de la imposibilidad de restablecer

plantaciones productivas en los sitios afectados, al dañarse seriamente el sistema vascular y radical de los espárragos. (Grogan y Kimble, 1959) Este hongo al infectar la corona, el órgano más importante del espárrago, puede llegar a matar la planta. La corona contiene las raíces reservantes y las yemas, las cuales generan la parte foliar, si estos órganos son dañados se tendrá una alta reducción en el rendimiento y reducirá la vida útil de la esparraguera. (Sánchez y Apaza, 2000).

La severidad está muy relacionada con el grado de estrés de la planta. Se presenta en cualquier estado de desarrollo y puede causar pérdida de vigor, reducción de longevidad o muerte de la planta (Moreira y González, 2002). Aunque en algunos casos la predominancia de *F. oxysporum* f. sp. *asparagi* se da normalmente en plantaciones de dos años de edad, presentando lesiones en raíces y una típica decoloración vascular (Vaccari et al., 1997). En tanto que, las infecciones de turiones, pueden reducir significativamente la calidad y la vida de la esparraguera. (Nigth et al., 1995).

2.2.2. Características morfológicas.

Se caracteriza por producir colonias de crecimiento rápido con una tasa diaria cercana a un centímetro en medio papa- dextrosa agar (PDA) a 25°C. La morfología de las colonias es muy variable y puede presentar dos tipos: una de tipo micelial caracterizada por la producción de abundante micelio aéreo, algodonoso, con una coloración variable, de blanco a rosado durazno, pero usualmente con un tinte púrpura o violeta más intenso en la superficie del agar y pocas microconidias y una de tipo pionotal con la formación de poco o ningún micelio aéreo y abundantes microconidias. (Arbelaez, 2000). Además, de tres tipos de esporas: microconidias, macroconidias y clamidosporas. (Nelson et al., 1981).

Las microconidias son esporas unicelulares o bicelulares, sin septas, hialinas, de elipsoidales a cilíndricas, rectas o curvadas; se forman en fialidas cortas no ramificadas, nunca en cadena, pero agrupadas en falsos capítulos (Smith et al., 1992), son las conidias que el hongo produce con una mayor frecuencia y en mayor abundancia en todas las condiciones. Por otro lado, es el tipo de conidias que el hongo forma con más frecuencia en el interior de los vasos de las plantas hospedantes.

Las macroconidias, son esporas de pared delgada, fusiformes, largas, moderadamente curvadas, con varias células y de tres a cinco septas transversales, con la célula basal

elongada y la célula basal atenuada; se forman al principio en fialidas individuales, luego en esporodoquios (Smith et al., 1992). Son las conidias típicas de *Fusarium*, aparecen con gran frecuencia sobre la superficie de plantas que han sido destruidas por el patógeno.

Finalmente, las clamidosporas son esporas formadas a partir de la condensación de células de las hifas o de las macroconidias y se caracterizan por poseer paredes bastante gruesas, lo que las hace muy resistentes a condiciones ambientales desfavorables o a la ausencia de plantas hospedantes. Las clamidosporas se forman simples o en pares, son terminales o intercalares y son las principales responsables de la sobrevivencia del hongo en tejidos muertos de plantas hospedantes o en el suelo (Newhall, 1958).

2.2.3. Ciclo de la enfermedad

Las marchiteces debidas a *Fusarium* son enfermedades típicas del suelo, y en él la principal fuente de inóculo (Smith et al., 1992).

Fusarium oxysporum es un saprofito abundante y activo del suelo y la materia orgánica (Gonsalves y Ferreira, 1993). Su capacidad saprofítica le permite sobrevivir en el suelo entre los cultivos; en los restos de plantas infectadas que yacen en el suelo, en forma de micelio y en cualquiera de sus formas de conidias, pero lo hace con mayor frecuencia en forma de clamidosporas, sobre todo en las regiones templadas y frías (Agrios, 1996).

Las clamidosporas en el suelo están bajo la influencia de la fungistásis, y, por esto, pueden persistir de forma inactiva por largos periodos, la fungistásis puede revertirse si hay en el suelo disponibilidad de nutrientes como los provistos por los exudados radiculares de plantas hospederas y no hospederas, así como por la proximidad de tejidos frescos no colonizados (Abawi y Mai, 1987) por ejemplo en la proximidad de partes jóvenes de raíces.

La clamidospora germinada da lugar a inóculo al formar hifas, conidias y nuevas clamidosporas; en este aspecto las cepas del patógeno se comportan igual que otras especies de *Fusarium*; entre ellas las cepas no patogénicas de *F. oxysporum*. En la rizósfera hay una competencia intensa con otros microorganismos y en particular con otros *Fusarium* ; aunque muchas cepas de *F. oxysporum* son capaces de penetrar en los tejidos corticales de la raíz las cepas específicas de huésped son las únicas capaces de penetrar hasta el tejido vascular y causar marchitez; (Smith et al., 1992) Cuando las plantas sanas se desarrollan en suelo contaminado la penetración por los tubos germinativos de las esporas o el micelio

directamente tiene lugar principalmente en la zona de elongación de la raíz y puede facilitarse por heridas o ataques de nemátodos (especialmente por especies de *Meloidogyne*); (Agrios, 1996). *Fusarium oxysporum* se mantiene exclusivamente en los vasos, ingresando a través de las punteaduras, y viaja a través de ellos, principalmente en sentido ascendente, cuando se encuentra en los vasos el micelio se propaga intercelularmente ramificándose y produciendo microconidias que son desprendidas y llevadas hacia la parte superior de la planta, en el torrente de agua. Las microconidias germinan en el punto donde cesa su movimiento ascendente, el micelio penetra la pared superior del vaso y el hongo produce más microconidias en el siguiente vaso. En estadios posteriores sigue extendiéndose al tejido adyacente causando necrosis visibles exteriormente (Agrios, 1996).

La patogénesis está relacionada con el bloqueo de los vasos por el micelio, conidias, gomas, geles y tilosas, así como por la proliferación de células parenquimatosas adyacentes que alteran el transporte de agua en la planta (Agrios, 1996). También se atribuye la marchitez a toxinas, enzimas hidrolíticas y desbalances en la producción de reguladores de crecimiento de raíces (Abawi y Mai, 1987).

Quizá una combinación de los procesos tratados anteriormente (la obstrucción de los vasos por el micelio, conidias, geles, gomas y tilosis, así como la presión que ejerce la proliferación de las células parenquimatosas adyacentes) se debe a la alteración en la economía del agua de las plantas infectadas, cuando el volumen de agua disponible para las hojas es inferior al mínimo requerido para su funcionamiento, los estomas se cierran, las hojas se marchitan y mueren y, como consecuencia, muere el resto de la planta. El hongo invade entonces gran escala de tejidos parenquimatosos de la planta, llega a la superficie de los tejidos muertos y allí esporula profusamente. Las conidias son diseminadas hacia nuevas plantas o áreas por medio del viento, el agua y otros factores (Agrios, 1996).

En ocasiones el hongo llega a los frutos de las plantas infectadas y penetra o contamina las semillas. Esto sucede principalmente cuando la humedad del suelo es alta y la temperatura relativamente baja, condiciones que permiten a las plantas producir buenas cosechas aunque sean infectadas por el hongo. Sin embargo, es frecuente que los frutos infectados son tan ligeros que se eliminan durante los métodos de extracción y limpieza de las

semillas, lo cual hace que casi no tengan importancia alguna en la propagación del hongo (Agrios, 1996).

2.2.4. Ecología

Fusarium está ampliamente distribuido en el suelo, en las partes aéreas y subterráneas de las plantas, desperdicios de plantas, y otros substratos orgánicos y está ampliamente diseminado en regiones tropicales y templadas. (Smith et al., 1992) Los *Fusarium* causantes de marchitez pueden también invadir y colonizar plantas que no son huéspedes, en las que causan síntomas leves; estos portadores asintomáticos que contribuyen al transporte y multiplicación del inóculo. También es encontrado en los desiertos, cordilleras y las áreas del ártico, donde prevalecen condiciones de clima desagradables (Nelson et al., 1981). Este hongo se va favoreciendo por altas temperaturas, dentro de un rango de 25 a 30°C (Apablaza, 1988).

Este hongo puede permanecer hasta 7 u 8 años o indefinidamente en el suelo, saprofiticamente o como clamidospora y es debido a esta estructura y a la anatomía del espárrago que algunos síntomas pueden aparecer un año y al siguiente no, aunque las plantas aun estén infectadas. (Cohen, 1946).

Los tejidos de la raíces del espárrago producen sustancias de actividad alelopática, las cuales afectan su propio crecimiento. Dichas sustancias, pueden predisponer a la planta a la infección de *Fusarium* por efectos fisiológicos o bioquímicos. Esto puede deberse a que más sitios en las raíces del espárrago son colonizadas por *Fusarium* en presencia de las toxinas, o bien, que el hongo se puede dispersar con mayor rapidez luego que la penetración ha tenido a lugar y las raíces son expuestas a las toxinas (Keulder, 1997).

Los suelos arenosos son favorables al hongo (Marquina y Plasencia, 1990; Pariona, 1995) al igual que los niveles extremos de humedad en el suelo (Apablaza, 1988). Algunas condiciones como el estrés en la planta incrementan la incidencia y la severidad de la infección causada por *Fusarium* (Nigh, mencionado por Keulder, 1997). El estrés puede ser causado por sequía, daño de insecto a raíces y follaje, exceso de humedad en el suelo, lesiones a la raíz durante la cosecha y daño por herbicidas. Las condiciones climáticas, más importantes para el desarrollo de las especies de *Fusarium* son: altas temperaturas en el rango de los 20-25° C, alta intensidad lumínica, elevada humedad relativa del ambiente

(75-95%) y alta densidad de plantas. En el manejo del cultivo, las altas dosis de fertilización nitrogenada, predisponen a las plantas a un ataque de *Fusarium* spp. Esto último, condiciona que las plantas estén más turgentes y sus barreras naturales no están muy lignificadas, lo que las hace más susceptibles al ataque de las plagas (Marquina y Plasencia, 1990).

Finalmente, las modificaciones en el ambiente físico por el hombre pueden tener efectos significativos en la ecología de *Fusarium*. La introducción de una irrigación en un área árida, por ejemplo, permitirá un cambio en la naturaleza y la disponibilidad de sustratos y alterar el medio ambiente (Nelson et al., 1981).

2.2.5. Diseminación

Al morir la Planta, el hongo queda en los restos de los tejidos vegetales invernando como espora, micelio o clamidospora y la diseminación de patógeno puede ser por semilla infectada, al trasladar coronas infectadas o contaminadas con suelo infestado, por el viento, por el agua de riego o por el escurrimiento superficial producido por el riego o las lluvias. Además, se puede transportar durante algunas labores del cultivo al movilizar suelo de un lugar a otro, por medio de algunos insectos del suelo (Stephens 1990); al cosechar órganos contaminados, el hongo se puede propagar en almacenaje contagiando a otros propágulos sanos y luego en terreno al plantarlos, repetir el ciclo de la enfermedad (Apablaza, 1988).

F. oxysporum f. sp. *asparagi* es considerado un hongo sistémico y se puede transmitir por medio de la semilla sexual como contaminante superficial o se puede adaptar al hospedante después de varios años como forma especial, ya que *F. oxysporum* es común en todos los suelos, aun cuando no se haya cultivado espárrago antes (Manning y Vardaro, 1977).

A nivel de almácigos *F. oxysporum* infecta plantas de espárragos en estadios iniciales de crecimiento, debido posiblemente a que provienen de semillas infestadas o de inóculos del suelo los cuales provocaran mayor severidad de la enfermedad y alta mortandad de plántulas (Cohen, 1946).

2.2.6. Sintomatología

Los síntomas de la marchitez fusárica varían según el huésped, el patotipo y las condiciones de infección (Smith et al., 1992). Se conoce con el nombre de Fusariosis a una serie de podredumbres que se producen en las plantas de espárrago y que afectan tanto a los tallos como a la parte subterránea, siendo endémicas en la mayoría de las zonas esparragueras. (Benages, 1990).

El espárrago produce toxinas que limitan el establecimiento de nuevas plantaciones en campos previamente cultivados de espárrago. Al tratarse de un cultivo perenne que puede ser productivo hasta más de 10 años, se acumulan en el suelo constantemente patógenos y sustancias autotóxicas presentes en los tejidos del espárrago (Elmer 2002). Además, los residuos radicales de espárrago en descomposición del cultivo anterior también liberan toxinas alelopáticas, especialmente compuestos aromáticos tales como los ácidos cumárico, caféico y ferúlico (Hazelbrook et al., 1989; Hartung et al., 1990). Los *Fusarium* spp. no se ven afectados por las sustancias aleloquímicas, lo que les permite proliferar en ausencia de competidores (Blok 1996). Estas toxinas inhiben a microorganismos beneficiosos, tales como las micorrizas arbusculares (Pedersen et al., 1991, Matsubara et al., 1995), *Trichoderma* spp. y *Gliocladium* spp. (Blok, 1996), causando la reducción del vigor de la planta (Elmer 2002). Este factor, contribuye al problema del decaimiento prematuro de las plantaciones (Block y Bollen, 1996; Elmer et al., 1996) y a la posterior problemática de replantación que se produce cuando se vuelve a plantar espárrago en suelos que anteriormente se han dedicado a dicho cultivo (Grogan y Kimble, 1959). Uno de los primeros daños puede producirse antes que la plántula emerja a la superficie, es decir una muerte pre-emergente (Apablaza, 1988).

El brote puede tener también síntomas similares los cuales frecuentemente se prolongan muchos centímetros sobre la superficie de suelo. En la parte aérea, se desarrollan síntomas de amarillamiento, debido a que *Fusarium* produce toxinas, la cuales son llevadas hacia la parte superior de la planta afectando a las células parenquimatosas adyacentes al xilema. Las toxinas pueden ser llevadas a las hojas, ocasionando la destrucción de la clorofila en las nervaduras produciendo al inicio un aclarado de venas leve, (Smith et al., 1992) clorosis de la lámina y/o marchitez, progresando estos síntomas posteriormente a las hojas jóvenes, alterando la permeabilidad de las membranas celulares de la hoja, así como su habilidad de

controlar la pérdida de agua a través de la transpiración, las cuales pueden contribuir con la epinastia, marchitamiento, necrosis y muerte de las hojas (Garcés et al., 2001). A medida que la infección avanza, se inicia el decaimiento de los frondes. Primero se ponen lacios y seguidamente se desarrollan los síntomas de amarillamiento, marchitez, debilitamiento de la brotación y finalmente secado o muerte de los brotes (Sánchez y Apaza, 2000).

La base de los tallos bajo la tierra frecuentemente muestra manchas de coloración también rojiza y lesiones hundidas. La pudrición de tallos también puede extenderse dentro de la corona observándose la necrosis y decoloración de la parte interna de las yemas causando una pudrición seca (Moreira y Gonzalez, 2002). Esta última es tal vez el daño más característico de la enfermedad (Bergenson, 1972).

En estados avanzados de la enfermedad se presenta una pudrición total a nivel de la corona produciéndose la descomposición de las raíces, quedando solamente intacto en el “nervio” central y la piel. (Garcés et al., 2001) Las raicillas secundarias se descomponen y en las raíces principales aparecen trozos blandos, de unos 2 mm de longitud, permaneciendo el resto “sano” a primera vista. Poco a poco van creciendo estas zonas blandas, alcanzando a toda la raíz principal e iniciándose la infección de las vecinas. La descomposición de la raíces produce, evidentemente, la reducción de las reservas de la planta, debilitándola en proporción al grado de desarrollo de la infección lo cual ocasiona la muerte de la planta (Sánchez y Apaza, 2000).

Una de las maneras de mitigar este problema sería mediante la selección apropiada de variedades que reduzcan la persistencia de esas autotoxinas y la acumulación de aleloquímicos de residuos de raíces durante la replantación (Yeasmin et al., 2013).

2.3. *Meloidogyne incognita*

2.3.1. Patógeno, antecedentes e importancia del nematodo

Los nemátodos formadores de nódulos de la raíz se encuentran en todo el mundo, pero con mayor frecuencia y abundancia en regiones con clima cálido y tórrido e inviernos cortos y moderados. Estos nemátodos se encuentran también en los invernaderos donde se usan suelos no esterilizados atacan a más de 2000 especies de plantas incluyendo a la mayoría de plantas cultivadas. (Agrios, 1996)

Las especies de *Meloidogyne* tienen amplia distribución geográfica y son de riesgo potencial fitopatógeno. Estos nemátodos parasitan las raíces de sus hospederos y ocasionan nódulos con alteraciones histológicas que limitan la absorción del agua y de los nutrientes, lo cual conduciría a un menor crecimiento de la planta y a una baja productividad (Taylor y Sasse, 1978).

2.3.2. Características morfológicas

M. incognita es un nematodo endoparásito sedentario obligatorio; el macho es un parasito sedentario únicamente durante los estados juveniles (J2, J3, y J4), mientras que la hembra lo es toda su vida con excepción del J1. Los adultos presentan un marcado dimorfismo sexual, pues si bien el macho presenta la forma alargada y cilíndrica con una longitud de 1,5 mm, la hembra se hincha considerablemente y presenta una forma engrosada, como una pera (piriforme) con una longitud de 0,8 mm. Presenta estilete y nódulos medianos visibles al microscopio, la abertura de la glándula esofágica dorsal en el procuerpo, con bulbo medio redondeado y no ocupa todo el diámetro del cuerpo. Procuerpo y bulbo medio distinguibles el uno del otro (separados por una constricción más o menos pronunciada) y parte basal del esófago más grande que el bulbo medio. (Taylor y Sasser, 1978).

Las hembras en el estado juvenil presentan la vulva distante de la parte anterior de la cabeza en un 70 a 80%, con ovario diprodélfico no reflejo. En su estado adulto son piriformes con ano y vulva separados, y no forman quistes (Sasser y Carter, 1985).

El poro excretor es anterior al bulbo medio y presenta la cutícula finamente estriada con una anulación irregular y discontinua en la región perineal. El patrón perineal es característico y permite diferenciar a las especies de *Meloidogyne* (Taylor y Sasser, 1978).

Los machos en su segundo estado juvenil presentan un estilete cuya longitud es menor a 20 micras. En su estado adulto presenta un disco labial y aperturas de los anfidios en forma de ranura. Presentan un aparato reproductor con espícula muy cerca de la parte terminal de la cola, la cola es redondeada y sin bursa (Sasser y Carter, 1985).

2.3.3. Ecología

Los nemátodos formadores de nódulos de la raíz dañan a las plantas al debilitar las puntas de la raíz y al inhibir su desarrollo o estimular una floración radical excesiva, pero principalmente al inducir la formación de hinchamientos en la raíces, las cuales no solo privan a las plantas de sus nutrientes sino también deforman y disminuyen el valor comercial de muchas raíces de los cultivos. Cuando las plantas susceptibles son infectadas en la etapa de plántula, las pérdidas son considerables y pueden dar lugar a la destrucción total del cultivo. Las infecciones que sufren las plantas adultas pueden tener solo efectos ligeros sobre la producción o pueden disminuir de forma considerable la producción. (Garcés et al., 2001)

Poblaciones bajas de nemátodos pueden causar poco daño económico, pero infestaciones severas pueden paralizar el crecimiento de las plantas. La transferencia normal de sustancias desde las raíces hacia la parte aérea se restringe, produciéndose marchitez y deficiencias nutricionales. En campo el tejido nodulado puede ser invadido por otros microorganismos causando daños más severos. (Jones et al., 1991).

2.3.4. Ciclo de vida de *Meloidogyne incognita*

Los nemátodos del nódulo sobreviven en el suelo como huevos o juveniles. (Abawi y Mai, 1987).

La reproducción es generalmente partenogenética y a veces amfimictica. La hembra adulta, ya sea fecundada o no por un macho, forma huevos que deposita en una masa gelatinosa dentro o fuera de los tejidos de la raíz. Estos huevos pueden incubarse inmediatamente o invernar para incubarse en una época cálida. Cuando los huevos se incuban, la segunda etapa larvaria infectiva puede migrar del interior de los nódulos hacia las partes adyacentes de la raíz y producir nuevas infecciones en la misma raíz, o bien salir de la raíz para infectar a las demás raíces de la misma planta o a las de otras plantas. La capacidad de dispersión de los nemátodos del nódulo es limitada, pero pueden ser dispersados por el

agua o por movimientos de suelo, como por ejemplo el equipo agrícola (Agrios 1996). La temperatura óptima para que se realice el ciclo es de 30°C y la duración es de 15-20 días. (Canto-Saénz, 1996). La hembra después de la fecundación, deposita sus huevos (200 – 500 y hasta más de 1000) en una masa mucilaginosa, que puede estar adherida a los tejidos de la raíz de la planta hospedante o a la hembra (Taylor y Sasser, 1978); para proteger los huevos de la deshidratación y del ataque de microorganismos. (Abawi y Mai, 1987). El primer estado juvenil se forma dentro del huevo y sufre su primera muda para convertirse en juvenil 2 (J2). Después de la eclosión de los huevos, los J2 salen al exterior y deben encontrar rápidamente una raicilla, ya que de no ser así morirían en pocas horas (a las 12 horas muere el 90% y a las 19 el 99%). Los J2 que superan esta difícil etapa comienzan a alimentarse inmediatamente del primer punto con el cual entran en contacto, luego con su estilete van realizando un orificio por el cual finalmente consiguen introducirse y se ubican entonces en su sitio definitivo del cual continúan alimentándose vorazmente. Los J2 pasan por dos estadios más en los cuales la alimentación pasa a cumplir un papel secundario (Taylor y Sasser, 1978).

A fines del tercer y principios del cuarto estadio, las hembras comienzan a adoptar su forma de pera. Los machos, en cambio, se mantienen filiformes y transcurren todo su cuarto estadio en el interior de la muda del tercer estadio y luego de la cuarta muda salen los adultos del suelo. Las hembras, alcanzan su estadio adulto y pueden permanecer en el mismo sitio en que se desarrollaron o bien, rasgando los tejidos semidescompuestos, desplazarse hasta la pared radicular, asomando su dilatado cuerpo hacia el exterior. Este nematodo al alimentarse causa la formación de células gigantes y nódulos, provocando en las raíces infectadas, necrosis, acortamiento y disminución de raíces laterales y escasos pelos radiculares. Fisiológicamente los ataques aumentan la producción de proteínas en los nódulos y provocan un mal funcionamiento de los reguladores de crecimiento entre las raíces y el tallo. Estos cambios contribuyen a la reducción del crecimiento y desarrollo de la plantas (Sasser y Carter, 1985).

Bajo la influencia del estímulo que provoca la secreción que inyectan por medio del estilete, se forman las llamadas “células gigantes” de las que se alimentan los nemátodos. Estas son células, con masas de protoplasma muy activas y llenas de organelos. La formación de las células gigantes, no es el único efecto que producen los parásitos en los

tejidos que los rodean. La proliferación e hipertrofia de las células corticales da por resultado la formación de las conocidas dilataciones o nódulos (Taylor y Sasser, 1978). Las células gigantes se degeneran si los nemátodos dejan de alimentarse o mueren (Agrios, 1996).

2.3.5. Síntomas:

Los síntomas más característicos son los que aparecen sobre las raíces. Estas se hinchan en la zona de invasión y desarrollan nódulos típicos. Estas pueden tener entre 1 y 10 mm, pudiendo llegar hasta los 2.5 mm (University of California, 1985, Abawi y Mai, 1987). Los síntomas aéreos, como en otras enfermedades y deficiencias nutricionales, involucran enanismo, amarillamiento y marchitez. Estos síntomas son más pronunciados cuando el desarrollo de los frutos estresa a la planta (University of California, 1985). Las plantas infectadas muestran un desarrollo deficiente y una menor cantidad de hojas, las cuales son pequeñas, de color verde pálido o amarillento que tienden a marchitarse cuando el clima es cálido. Las inflorescencias y frutos no se forman o se atrofian y son de baja calidad. Las plantas afectadas a menudo sobreviven durante el transcurso de la estación de crecimiento y rara vez son destruidas prematuramente por la enfermedad. (Agrios, 1996).

La concentración de auxinas, etileno y citoquininas varía considerablemente en los tejidos nodulados de la raíz cuando se les compara con tejidos sanos de la raíz (Abawi y Bakker, 1984).

Además de las alteraciones que causan los nódulos a las plantas, con frecuencia los daños que sufren las plantas infectadas se acrecientan debido a ciertos hongos patógenos, los cuales atacan con facilidad los tejidos de las raíces debilitadas. Además, algunos hongos como *Phythium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia* crecen y se reproducen con mayor rapidez en los nódulos que en otras áreas de la raíz. (Bergenson, 1970). Existen reportes de que uno o más metabolitos que son producidos en las raíces infectadas con *Meloidogyne* spp. Pueden predisponer a la plantas a la infección por *Fusarium*. (Bowman y Bloom, 1966).

2.4. INTERACCIONES ENTRE HONGOS PATOGENOS DEL SUELO Y NEMÁTODOS

Los nemátodos fitoparásitos pueden influir en la actuación de otros organismos fitopatógenos del suelo y el papel que juegan en la interacción con otros fitopatógenos es diferente en función de los distintos tipos de parasitismo que aquéllos desarrollan. Dichos nemátodos inducen cambios fisiológicos, bioquímicos y estructurales en la planta, que pueden ser mínimos como en el caso de nemátodos ectoparásitos, o extensos y complejos como en el caso de nemátodos endoparásitos sedentarios (ej., *Meloidogyne* spp. y *Heterodera* spp.). Atkinson (1892) demostró estas interacciones, al comprobar que la infección por *Meloidogyne* spp. incrementaba la severidad de la Marchitez causada por *F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum* (Atk.) W. C. Zinder & H. N. Hans en algodón (Atkinson, 1892).

En algunos casos, las interacciones entre nemátodos fitoparásitos y hongos fitopatógenos pueden llegar a ocasionar la pérdida del cultivo, siendo por tanto importante el conocimiento de los mecanismos implicados para desarrollar estrategias de control efectivas. En la mayoría de los casos, el papel de los nemátodos no es esencial para la infección y establecimiento de los hongos, aunque sí puede alterar la incidencia y severidad de las enfermedades causadas por éstos (Abawi y Mai, 1987). Aunque inicialmente se sugirió que el papel del nematodo era más de tipo mecánico, ocasionando lesiones en la planta que facilitarían físicamente la invasión de ésta por el hongo, distintos estudios indicaron que el mecanismo es más complejo, implicando en muchos casos interacciones de tipo biológico, más que de tipo físico (Roy et al., 1989; Starr et al., 1989). Así, por ejemplo, la penetración de juveniles de *M. incognita* produjo heridas en las raíces de algodón que, sin embargo, no favorecieron la invasión de éstas por *F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum* (Starr et al., 1989). Los cambios estructurales y fisiológicos de la planta huésped causados por el nemátodo pueden proporcionar al hongo un substrato más favorable o hacer ineficaces los mecanismos de defensa contra él (Taylor y Sasser, 1978). Asimismo, la inducción de cambios en los exudados de las raíces del huésped por el nematodo puede determinar una modificación de la población de microorganismos de la rizósfera que repercute sobre la subsiguiente infección por el hongo, como se ha observado con un incremento de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder & Hans y un

decrecimiento de especies de actinomicetos en la rizósfera de tomate infectado por *M. javanica*, siendo ésta otra posible forma de sinergismo entre ambos patógenos (Bergenson, 1972). Aunque las interacciones referidas dependen principalmente de los organismos implicados (Jackson, 1968), otros factores, como la temperatura, densidad de inóculo de ambos patógenos, secuencia de inoculaciones, etc., pueden tener gran importancia en el desarrollo de aquéllas. Como ejemplo de esto, Abawi y Baker (1984) demostraron que en tomate no se producía interacción entre *M. incognita* y *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* a niveles bajos de densidad de inóculo para ambos patógenos (independientemente de la capacidad de resistencia/susceptibilidad de la planta al nematodo), aunque con densidades de inóculo elevadas (5×10^3 nemátodos/planta) o altas temperaturas (30-35°C), la infección por *M. incognita* incrementaba significativamente la severidad de la Marchitez causada por el hongo. La infección del nematodo aguja (*Belonolaimus gracilis*) incrementaba la marchitez del algodón causada por *Fusarium* de 41 a 80 % en una variedad resistente, y de 52 a 95% en una variedad susceptible (Holdeman y Grraham, 1953). De igual manera, el nematodo reniforme (*Rotylenchus reniformis*) también contribuye a un mayor desarrollo de marchitez en variedades de algodón susceptibles a *Fusarium* (Neal, 1954). En banano (var. Gross Michel) se encontró que los síntomas de la marchitez vascular causada por *F. oxysporum* f. sp. *cubense* era duplicados cuando estaba presente el nematodo *Radopholus similis* (Newhall, 1958).

La interacción entre ambos microorganismos ha dado lugar a un efecto sinérgico en la planta. En estos casos, la coinfección de la planta por ambos patógenos origina mayor severidad de los síntomas en comparación con la ocasionada por cada agente individualmente (Siddiqui y Husain, 1992). Diferentes estudios han demostrado que dicho efecto se mantiene aun cuando ambas infecciones se produzcan en sitios separados de la planta, lo que indicaría que otros mecanismos distintos de los de tipo físico, o adicionales a éstos, están implicados en la respuesta (Marley e Hillocks, 1996). Varios mecanismos pueden explicar este sinergismo, como la producción por parte del nematodo de un factor translocable o sistémico, la atracción hacia las raíces del hongo o del nematodo por los cambios producidos en la rizósfera, cambios fisiológicos producidos por el hongo o el nematodo en el huésped, y la disminución de la resistencia de la planta a uno de los patógenos causada por la infección del otro.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. LUGAR Y FECHA

El trabajo experimental se llevó a cabo bajo condiciones del invernadero en el Departamento de Fitopatología de la Universidad Nacional Agraria La Molina desde Julio de 2014 hasta Julio de 2015. Los análisis respectivos así como el procesamiento de materiales se realizaron en los laboratorios de Nematología de la Universidad.

La ubicación geográfica de la Universidad Nacional Agraria La Molina es la siguiente:

Longitud	: 76°57'6.76''
Latitud	: 12°4'50.63''
Altitud	: 234 msnm

Los promedios de los datos climatológicos fueron obtenidos de los registros del Observatorio Meteorológico Alexander Von Humboldt de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), se presentan en el Anexo 60 y se grafican en el Anexo 61.

3.2. METODOLOGÍA

3.2.1. Suelo infestado con inóculo natural de *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

El inóculo se obtuvo colectando suelo de una esparraguera sembrada con el cultivar UC157 F1 de 10 años de edad, que presentaba los síntomas de la enfermedad y estaba concluyendo su ciclo de vida productivo en la Irrigación Chavimochic – La Libertad. Para comprobar la presencia de *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita* se realizaron los respectivos análisis, los cuales se presentan en el Anexo 62 y Anexo 63.

3.2.2. Instalación

Se utilizaron 10 cultivares, los cuales se muestran en el Cuadro 1 con sus nombres y características respectivas. Se seleccionó 50 semillas de cada uno de estos, previamente remojadas en agua por un periodo de 24 horas con el fin de fomentar una mejor germinación, luego fueron sembradas en bandejas de almácigo de 72 celdas cada una, haciendo un total de 7 bandejas. Se seleccionaron 20 plántulas al azar por cada cultivar, 10 de estos fueron trasplantadas en la arena esterilizada y las restantes sembradas en el suelo colectado de campos de cultivo de espárrago de la Irrigación Chavimochic. Todas las plántulas fueron sembrados en macetas de arcilla de aproximadamente 15 mm de diámetro (1.5 kg de capacidad). Para el trasplante se regó ambos suelos hasta llevarlo a capacidad de campo; se colocó una plántula por maceta haciendo un pequeño agujero y luego tapándolo con el mismo suelo. Todas las macetas usadas durante el presente trabajo fueron lavadas y luego desinfectadas sumergiéndolas durante media hora en una solución de hipoclorito de sodio al 5%.

Se transplantaron 20 macetas por cada cultivar, 10 de estas con infestaciones naturales de *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita* y 10 en arena esterilizada.

La disposición de los tratamientos (cultivares) y sus respectivas repeticiones (10) en el invernadero fueron completamente al azar y se muestran los Cuadros 2 y 3; correspondiendo el primero a aquellos sembrados en arena y el segundo a aquellos sembrados en suelo con infestaciones naturales de *Fusarium* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

Cuadro 1: Características de los 10 cultivares de espárrago a evaluar frente a infestaciones naturales de *Fusarium f. sp. asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

	NOMBRE	CULTIVAR	MERCADO	ORIGEN	PROCEDENCIA	OBTENCION
1	UC 157 F1	Normal	Verde y blanco	Universidad de California	USA	Comercial
2	UC 115 F1	Normal	Verde y blanco	Universidad de California	USA	Comercial
3	ATLAS	Normal	Verde y blanco	Universidad de California	USA	Comercial
4	CUTLAS	Normal	Verde y blanco	Universidad de California	USA	Lanzamiento próximo
5	ESPADA	Normal	Verde y blanco	Universidad de California	USA	Lanzamiento próximo
6	NJ1113 (SEQUOIA)	100% macho	Verde y blanco	Universidad de Rutgers	USA	Lanzamiento reciente.
7	NJ 1025	100% macho	Blanco	Universidad de Rutgers	USA	Lanzamiento reciente.
8	FCE1*M256	Normal	Verde y blanco	Universidad de California	USA	Aun no comercial
9	2H	-	Verde y blanco	Programa de Hortalizas UNALM	USA	En investigación
10	38H	-	Verde y blanco	Programa de Hortalizas UNALM	USA	En investigación

Cuadro 2: Disposición de los Tratamientos (cultivares) sembrados en arena en el invernadero.

T4	T7	T10	T3	T5	T9	T1	T8	T6	T2
T6	T4	T9	T2	T1	T3	T5	T7	T10	T8
T9	T8	T6	T10	T2	T7	T4	T3	T5	T1
T7	T1	T2	T5	T6	T4	T9	T10	T8	T3
T2	T5	T7	T9	T8	T1	T3	T6	T4	T10
T5	T9	T8	T7	T10	T2	T6	T1	T3	T4
T10	T3	T4	T8	T9	T6	T2	T5	T1	T7
T8	T6	T5	T1	T3	T10	T7	T4	T2	T9
T1	T2	T3	T6	T4	T8	T10	T9	T7	T5
T3	T10	T1	T4	T7	T5	T8	T2	T9	T6

Cuadro 3: Disposición de los Tratamientos (cultivares) sembrados en suelo con infestaciones naturales de *Fusarium f. sp. asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

T2	T6	T10	T7	T1	T3	T5	T9	T4	T8
T9	T10	T4	T3	T7	T6	T8	T2	T5	T1
T5	T9	T2	T1	T3	T7	T4	T10	T8	T6
T3	T4	T6	T8	T5	T1	T9	T7	T2	T10
T1	T7	T3	T10	T8	T4	T6	T5	T9	T2
T7	T8	T9	T2	T4	T10	T1	T3	T6	T5
T10	T5	T1	T4	T6	T2	T3	T8	T7	T9
T4	T2	T5	T6	T9	T8	T10	T1	T3	T7
T8	T3	T7	T9	T10	T5	T2	T6	T1	T4
T6	T1	T8	T5	T2	T9	T7	T4	T10	T3

3.2.3. Bioensayo - *Lycopersicum esculentum* var. Rio Grande

Se realizó previamente un análisis nematológico del suelo muestreado (Anexo 61); siendo este de suma importancia para poder comparar parámetros, posteriormente descritos con mayor detalle (Parámetros evaluados), como la tasa poblacional en nuestro cultivo principal (*Asparagus officinalis*) y en un cultivo susceptible al patógeno como *Lycopersicum esculentum* var. Rio Grande. Este bioensayo se realizó con la finalidad de corroborar la presencia del patógeno *Meloidogyne incognita* en el sustrato de nuestros cultivares de espárrago luego de establecidos nuestros plantines.

Para la ejecución de este bioensayo se prepararon almácigos con *Lycopersicum esculentum* var. Rio Grande (muy susceptible a *Meloidogyne incognita*) se empleó una bandeja de 200 celdas (10*20), usando como sustrato musgo esterilizado, previamente se remojo las semillas en agua por 24 horas esto para tener una germinación más uniforme. Se colocó 1 semilla por celda, una vez sembradas el riego en el invernadero fue de manera regular; se esperó hasta que los plantines tuvieran de 3 a 4 hojas verdaderas para seleccionar al azar aquellas que tuvieran un óptimo desarrollo radicular para su trasplante; estas fueron trasplantadas en macetas de 1.5 kg. con suelo infestado naturalmente de Chavimochic. Una vez establecido los plantines se desarrollaron vegetativamente durante 2 meses, en este periodo presentaron síntomas de decaimiento característicos de la susceptibilidad al nemátodo. Una vez que se procedió a sacar los plantines de las macetas una vez cumplido el periodo mencionado se dio paso a los respectivos parámetros a evaluarse, descritos con mayor detalle en la parte de Parámetro evaluados, tanto de manera visual así como los respectivos análisis para la población final de *Meloidogyne incognita*, (así como la población inicial en el suelo usado) con el fin de la obtención de los datos a procesarse.

3.2.4. Parámetros evaluados

A. EFECTO DE *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* SOBRE LOS 10 CULTIVARES DE ESPÁRRAGO SEMBRADOS EN SUELO NATURALMENTE INFESTADO CON *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

- **Daño en raíces principales (DPR).** Se evaluó de manera visual, mediante la observación de raíces sanas y turgentes que presentan una coloración clara (sin presencia de lesión) y raíces dañadas las cuales presentan una coloración más oscura (presencia de lesión) estas se midieron mediante una escala comparativa usada por Block, W.J, 1997, la cual se muestra en el Cuadro 4.
- **Daño en raíces secundarias (DPS).** Se evaluó de manera visual, la misma muestra evaluada para el parámetro anterior, mediante la observación de raíces sanas y turgentes que presentan una coloración clara (sin presencia de lesión) y raíces dañadas las cuales presentan una coloración más oscura (presencia de lesión) para la evaluación se empleó una escala comparativa usada por Block, W.J, 1997, la cual se muestra en el Cuadro 4.
- **Numero de Lesiones,** La misma muestra evaluada para los parámetros anteriores se evaluó relacionada al número de raíces dañadas, las cuales presentan una coloración más oscura (presencia de lesión), estas fueron contabilizadas de manera visual.
- **Pérdida de masa radicular (LSR),** Se evaluó de manera visual, comparando la presencia de masa radicular (raíces absorbentes) del cultivar en arena seleccionado al azar (como un 100%) frente al cultivar seleccionado, sembrado en suelo infestado, determinando el grado de perdida de acuerdo a la escala de Block, W.J, 1997, la cual se muestra en el cuadro 5.
- **Índice de daño.** Los dos parámetros ya mencionados para la misma muestra evaluada nos sirvieron para hallar el índice de daño de acuerdo a la siguiente fórmula, empleada por Block, W.J, 1997:

$$DI = (2DPR + 2DSR + LSR) / 3$$

DPR: Daño en raíces principales

DSR: Daño en raíces principales

LSR: Daño en raíces principales

B. EVALUACIÓN DE VARIABLES BIOMÉTRICAS Y NO BIOMÉTRICAS SOBRE LOS 10 CULTIVARES DE ESPÁRRAGO SEMBRADOS EN SUELO NATURALMENTE INFESTADO CON *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

- **Longitud de raíces, en mm.** A la cosecha (8 meses) se evaluó la longitud de las raíces de las plantas de espárrago; previamente se lavaron cuidadosamente con agua destilada, tanto las repeticiones de los testigos como las repeticiones infestadas naturalmente de todos los cultivares, para proceder a la toma de las fotos respectivas y el procesamiento de los datos mediante el programa ASSESS (Lamari, 2002)
- **Peso fresco del tallo, en gramos.** Se cortaron los tallos de la misma planta de espárrago evaluada, los cuales fueron pesadas inmediatamente después del corte.
- **Peso fresco de raíces, en gramos.** Se pesaron las raíces de la misma planta de espárrago evaluada, las cuales fueron pesadas inmediatamente después del corte.
- **Peso seco del tallo, en gramos.** Después de obtener el peso fresco del tallo se picaron las raíces de la misma planta de espárrago evaluadas para los parámetros anteriormente mencionados, se colocaron en bolsas de papel y se llevaron a la estufa por 48 horas a 60°C. Luego de este lapso de tiempo se pesaron.
- **Peso seco de las raíces, en gramos.** Después de obtener el peso fresco y evaluar los parámetros de daño anteriormente mencionados, se picaron, se colocaron en bolsas de papel y se llevaron a la estufa por 48 horas a 60°C. luego de este lapso de tiempo se pesaron.
- **Porcentaje de Materia seca;** con los datos obtenidos mediante el peso de tejido fresco y seco tanto de raíces como tallo; se usará la siguiente fórmula:

$$\%MSC = ((PSC/PF) * 100)$$

PSC: Peso seco de la muestra.

PF: Peso fresco de la muestra.

- **Relación Comparativa de Porcentajes promedio de Materia Seca de tallo y raíces;** con los datos de porcentaje de materia seca obtenidos, tanto de tallo como de raíces, para los cultivares sembrados en arena y los sembrados en suelo infestado se procedió a emplear una fórmula sencilla, descrita líneas abajo, esto con el fin de obtener una relación comparativa de porcentaje de materia seca que nos mostrará la pérdida de la misma, ocasionada por el daño, con respecto a los sembrados en arena.

$$\%RCMSC = ((\%MSCSI/\%MSCA) * 100)$$

%MSCSI: Porcentaje de Materia Seca en suelo infestado.

%MSCA: Porcentaje de Materia Seca en arena.

C. EFECTO DE *Meloidogyne incognita*. EN EL BIOENSAYO CON TOMATE VAR. RIO GRANDE SOBRE 10 CULTIVARES DE ESPÁRRAGO SEMBRADOS EN SUELO NATURALMENTE INFESTADO CON *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

- **Grado de Nodulación,** Se separaron del suelo y lavaron cuidadosamente las raíces, tanto para los plantines de espárrago como para los de tomate. La nodulación se evaluó en la misma muestra evaluada para los parámetros anteriormente mencionados, según la escala empleada por Zeck, W.M. 1971 la cual se muestra en el Cuadro 6.
- **Relación Población final/ Población inicial (Pf/Pi),** Para determinar la población final en el suelo de *Meloidogyne incognita*, se analizó una muestra de suelo de la maceta de la misma muestra evaluada para los parámetros anteriormente mencionados y con ese dato se determinó la eficiencia del hospedante. Si Pf/Pi = 0 a 1.2, el hospedante se consideró no eficiente. Si Pf/Pi > 1.2, el hospedante se consideró eficiente (Canto-Saénz, 1996).

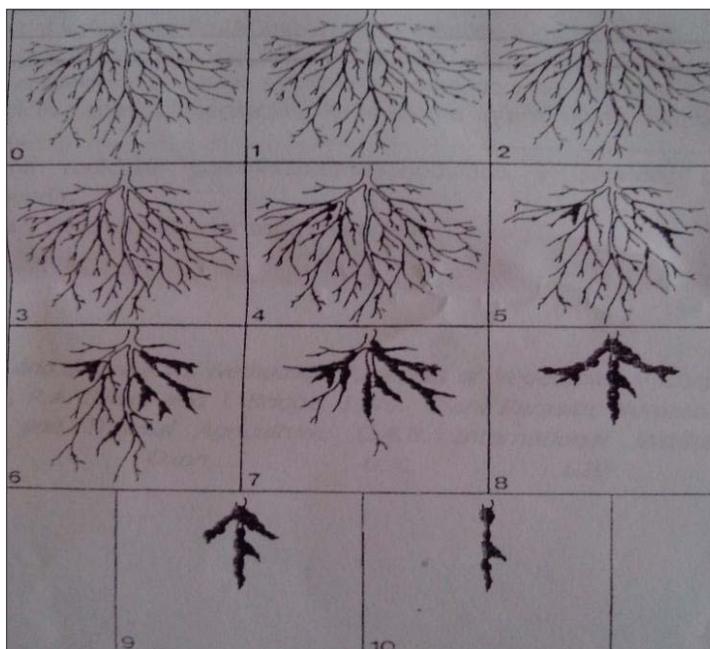
Cuadro 4: Escala de daño en raíces para *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* por Block, W.J, 1997.

Grado	Descripción
0	No presenta lesiones
1	1-5 % de la longitud de raíces con lesiones
2	6-20% de la longitud de raíces con lesiones
3	21-60% de la longitud de raíces
4	61-95% de la longitud de raíces
5	>95% de la longitud de raíces

Cuadro 5: Escala para la pérdida de masa radicular Block, W.J., 1997.

Grado	Descripción
0	Sin pérdida de masa radicular.
1	5% de pérdida de masa radicular.
2	10% de pérdida de masa radicular.
3	20% de pérdida de masa radicular.
4	30% de pérdida de masa radicular.
5	50% de pérdida de masa radicular.
6	60% de pérdida de masa radicular.
7	70% de pérdida de masa radicular.
8	80% de pérdida de masa radicular.
9	90% de pérdida de masa radicular.
10	Pérdida total de masa radicular

Figura 1: Escala visual de Evaluación propuesta por Zeck, W.M. 1971 para raíces infestadas por *Meloidogyne spp.*



Cuadro 6: Escala numérica de Evaluación propuesta por Zeck, W.M. 1971 para raíces infestadas por *Meloidogyne spp.*

Grado	Descripción
0	Sistema radicular completamente sano, no infestado.
1	Muy pocos nódulos pequeños pueden detectarse.
2	Nódulos pequeños como en 1, en mayor número y fáciles de detectar.
3	Numerosos nódulos pequeños, algunos crecimientos juntos, no afectada seriamente la función de las raíces.
4	Numerosos nódulos pequeños y algunos grandes, la mayoría de las raíces funcionales.
5	25% de sistema radicular seriamente nodulado y no funcional.
6	50% de sistema radicular seriamente nodulado y no funcional.
7	75% de sistema radicular seriamente nodulado y no funcional.
8	No raíces sanas, alimentación de la planta interrumpida, planta aun verde.
9	Sistema radicular completamente nodulado y podrido, planta moribunda.
10	Planta y sistema radicular están muertos.

3.3. Diseño experimental y análisis de datos

El diseño experimental en la fase de invernadero fue el Diseño Completamente al Azar (D.C.A.) con 10 repeticiones por tratamiento, teniéndose así en total de 200 unidades experimentales.

Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : valor observado en el i-ésimo cultivar y la j-esima repetición

μ : efecto de la media general.

τ_i : efecto del i-esimo cultivar.

ε_{ij} : efecto del error experimental.

El análisis de variancia y la prueba de comparación de medias se realizaron utilizando el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System, Versión 9.1; USA); usando la prueba de Tukey al 0.05 de significancia para comparar los tratamientos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. EFECTO DE *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* SOBRE LOS 10 CULTIVARES DE ESPÁRRAGO SEMBRADOS EN SUELO NATURALMENTE INFESTADO CON *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

- **Daño en raíces principales (DPR) para *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi*.**

Los datos porcentuales promedio del daño presentado en raíces principales se muestran en el Cuadro 7 y grafican en la Fig. 2; en esta última se pueden apreciar claramente cuatro altos valores correspondientes a UC115 F1, UC157 F1, CUTLAS, ESPADA y dos menores correspondientes a ATLAS Y FCE*M256; los cultivares restantes se encuentran en un nivel intermedio a los anteriormente mencionados (NJ1025, NJ1113, 2H, 38H) , el orden descrito para los cultivares está sujeto a los valores correspondientes presentados en el Cuadro 7. El análisis de variancia para este parámetro presentó diferencias significativas entre los cultivares (Anexo 5); de acuerdo a la prueba de medias (Tukey P=0.05) (Anexo 6) podemos mencionar que UC115 F1 fue le cultivar que presentó el mayor porcentaje de daño promedio en raíces principales en comparación con los restantes ya que los promedios no son significativamente diferentes, excepto con ATLAS y FCE1*M256 que presentaron los menores valores.

- **Daño en raíces secundarias (DPS) para *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* por Block, W.J, 1997.**

Los datos porcentuales promedio del daño presentado en raíces secundarias se muestran en el Cuadro 7 y grafican en la Fig. 2; en esta última se pueden apreciar claramente dos altos valores correspondientes a UC115 F1, UC157 F1, y dos menores correspondientes a ATLAS Y FCE*M256; los cultivares restantes se encuentran en un nivel intermedio a los anteriormente mencionados (CUTLAS, ESPADA NJ1113, 38H, 2H, NJ1025), el orden descrito para los cultivares está sujeto a los valores correspondientes presentados en el Cuadro 7. El análisis de variancia para este parámetro presentó diferencias significativas entre los cultivares (Anexo 9); de acuerdo a la prueba de medias (Tukey P=0.05) (Anexo 10) podemos mencionar que UC115 F1 y UC157 F1 fueron los cultivares que presentaron los mayores porcentajes de daño promedio en raíces secundarias en comparación con los restantes, mientras que ATLAS y FCE1*M256 presentaron el menor valor.

Cuadro 7: Porcentaje de daño promedio en raíces principales y secundarias (%), y número de lesiones; de los cultivares de espárrago sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

% Daño en Raíces Principales		% Daño en Raíces Secundarias		Número de Lesiones	
UC 115 F1	43.50	UC 115 F1	35.00	UC 115 F1	16.50
UC 157 F1	41.50	UC 157 F1	34.50	UC 157 F1	15.30
CUTLAS	41.00	CUTLAS	31.50	ESPADA	13.10
ESPADA	40.50	ESPADA	29.00	NJ1113	12.10
NJ1025	35.00	NJ1113	27.50	NJ1025	11.80
NJ1113	35.00	38H	26.00	CUTLAS	11.80
2H	34.50	2H	26.00	2H	11.70
38H	34.00	NJ1025	25.50	38H	11.50
ATLAS	30.70	FCE1*M256	23.00	FCE1*M256	8.60
FCE1*M256	27.50	ATLAS	23.00	ATLAS	8.60
C.V.	17.81%	C.V.	19.49%	C.V.	16.23%
Significación	*	Significación	*	Significación	*

Los promedios seguidos de la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey a $p=0.05$

*= significativo, n.s= no significativo

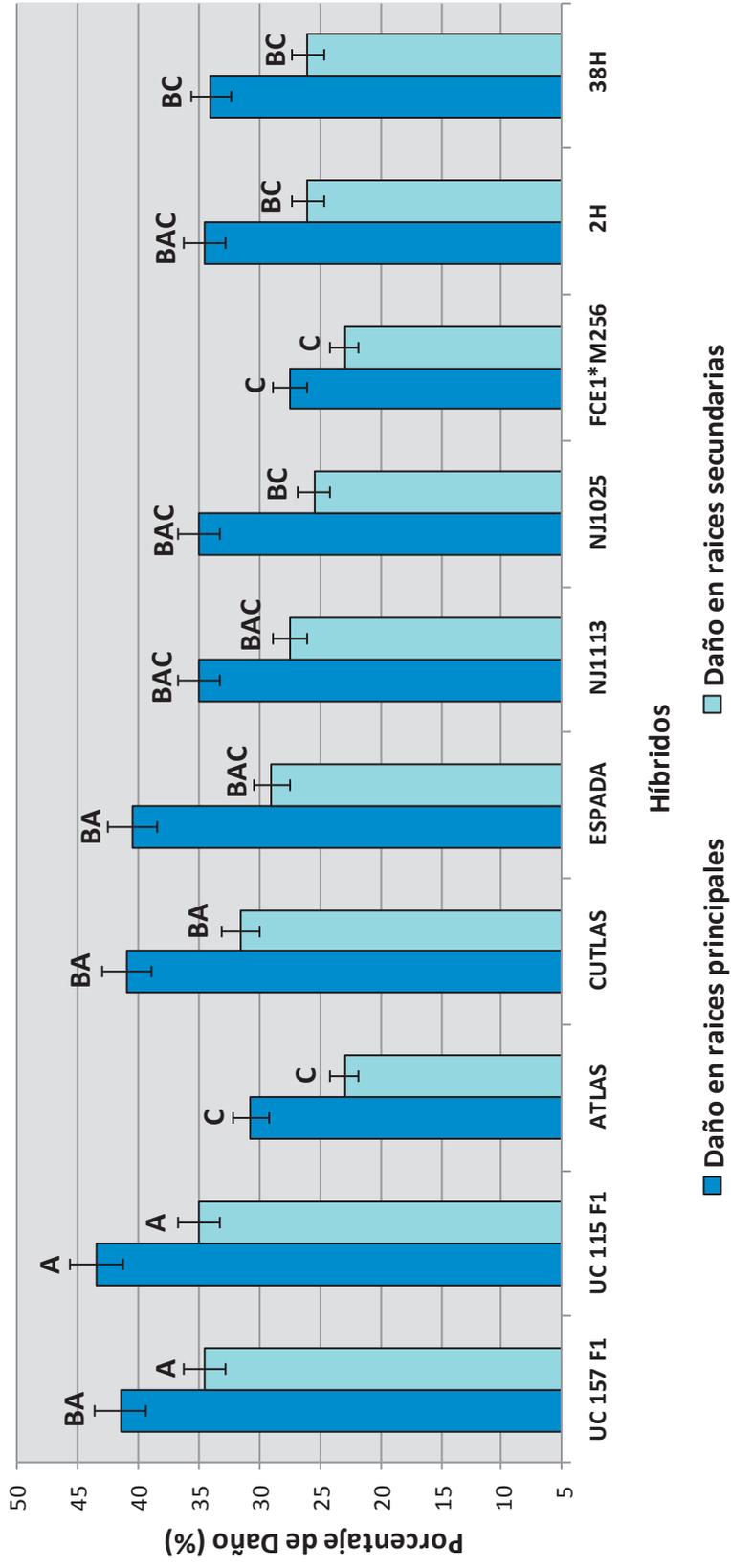


Figura 2: Porcentaje de daño promedio en raíces principales y secundarias (%), de los cultivares de espárrago sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

En la Fig. 2 se pueden apreciar ambos parámetros graficados de acuerdo al Cuadro 7 de acuerdo a estos podemos resaltar que UC115 F1 presenta mayor porcentaje promedio de daño tanto en raíces secundarias como en principales mientras que ATLAS y FCE*M256 presentan los menores porcentajes promedio de daño tanto en raíces principales como en secundarias; cabe mencionar de que a pesar de ser los cultivares con menor porcentaje promedio de daño el diferencial de daño fue más homogéneo y menor en FCE*M256 que en ATLAS que presentó un mayor diferencial en cuanto al daño en raíces principales.

- **Numero de Lesiones**

Los datos promedio del número de lesiones presentado en raíces se muestran en el Cuadro 7 y grafican en la Fig. 3; en esta última se pueden apreciar claramente dos altos valores correspondientes a UC115 F1, UC157 F1, y dos menores correspondientes a ATLAS Y FCE*M256; los cultivares restantes se encuentran en un nivel intermedio a los anteriormente mencionados (CUTLAS, ESPADA NJ1113, 38H, 2H, NJ1025) , el orden descrito para los cultivares está sujeto a los valores correspondientes presentados en el Cuadro 7. El análisis de variancia para este parámetro presentó diferencias significativas entre los cultivares (Anexo 13); de acuerdo a la prueba de medias (Tukey P=0.05) (Anexo 14) podemos mencionar que UC115 F1 fue el cultivar con mayor número de lesiones presentado en comparación con los restantes excepto con UC157 F1 ya que no son significativamente diferentes, mientras que ATLAS y FCE1*M256 presentaron el menor valor.

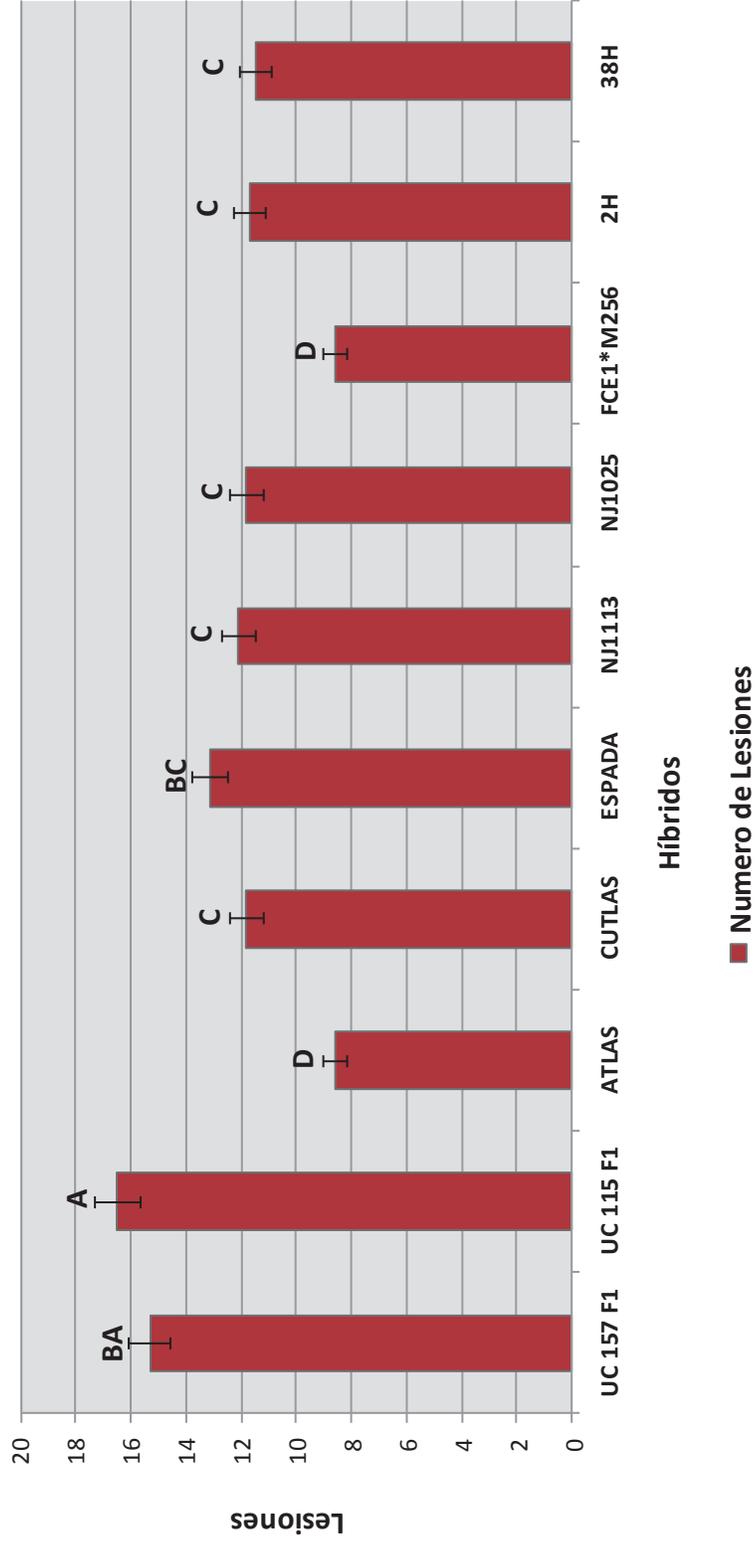


Figura 3: Número de Lesiones promedio en raíces; de los cultivares de espárrago sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*

- **Escala promedio de daño en raíces principales y secundarias; para *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi*.**

Los datos de la escala promedio de daño en raíces principales y secundarias se muestran en el Cuadro 8 y grafican en la Fig. 4; en esta última no se pueden apreciar claramente altos o menores valores. El análisis de variancia para la escala promedio de daño en raíces principales presentó diferencias significativas entre los cultivares (Anexo 7); de acuerdo a la prueba de medias (Tukey P=0.05) (Anexo 8) podemos mencionar que ATLAS presentó el menor valor. El análisis de variancia para la escala promedio de daño en raíces secundarias también presentó diferencias significativas entre los cultivares (Anexo 11); sin embargo de acuerdo a la prueba de medias (Tukey P=0.05) (Anexo 12) no podemos mencionar que un valor sea el más resaltante, pero debemos acotar que de acuerdo a esta escala todos los cultivares presentaron daño.

- **Pérdida de masa radicular (LSR) para *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi*.**

Los datos promedio para la pérdida de masa radicular se muestran en el Cuadro 8 y grafican en la Fig. 4; no se pueden apreciar claramente altos o menores valores. El análisis de variancia para este parámetro no presentó diferencias significativas entre los cultivares (Anexo 15); de acuerdo a la prueba de medias (Tukey P=0.05) (Anexo 16) no podemos mencionar que un valor sea el más resaltante, pero debemos acotar que de acuerdo a este parámetro todos los cultivares presentaron pérdida de masa radicular.

- **Índice de daño para *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi*.**

Los datos porcentuales promedio del daño presentado en raíces secundarias se muestran en el Cuadro 8 y grafican en la Fig. 4; en esta última se pueden apreciar cuatro valores altos correspondientes a 2H, CUTLAS, UC157 F1, UC115 F1, y un menor correspondiente a ATLAS; los cultivares restantes se encuentran en un nivel intermedio a los anteriormente mencionados (NJ1025, ESPADA, NJ1113, FCE1*M256, 38H) , el orden descrito para los cultivares está sujeto a los valores correspondientes presentados en el Cuadro 8. El análisis de variancia para este parámetro presentó diferencias significativas entre los cultivares (Anexo 17); de acuerdo a la prueba de medias (Tukey P=0.05) (Anexo 18) podemos mencionar que ATLAS presentó el menor valor.

Cuadro 8: Escala promedio de daño en raíces principales y secundarias, Pérdida de masa radicular e Índice total de daño en los cultivos de espárrago sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum f. sp asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

Escala de Daño en Raíces Principales		Escala de Daño en Raíces Secundarias		Pérdida de masa radicular		Índice de Daño Total		
FCE1*M256	3.10	UC 157 F1	3.00	NJ1025	8.80	2H	6.90	A
2H	3.10	2H	3.00	CUTLAS	8.60	CUTLAS	6.87	A
UC 115 F1	3.00	UC 115 F1	3.00	UC 157 F1	8.50	UC 157 F1	6.84	A
NJ1025	3.00	CUTLAS	3.00	2H	8.50	UC 115 F1	6.80	A
CUTLAS	3.00	ESPADA	2.80	ESPADA	8.50	NJ1025	6.73	BA
ESPADA	3.00	NJ1025	2.70	UC 115 F1	8.40	ESPADA	6.70	BA
NJ1113	3.00	NJ1113	2.70	ATLAS	8.30	NJ1113	6.50	BA
38H	3.00	ATLAS	2.60	NJ1113	8.10	FCE1*M256	6.43	BA
UC 157 F1	3.00	FCE1*M256	2.50	FCE1*M256	8.10	38H	6.37	BA
ATLAS	2.60	38H	2.50	38H	8.10	ATLAS	6.23	B
C.V.	8.81%	C.V.	13.78%	C.V.	6.49%	C.V.	5.64%	
Significación	*	Significación	*	Significación	n.s	Significación	*	

Los promedios seguidos de la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey a $p= 0.05$

* = significativo, n.s= no significativo

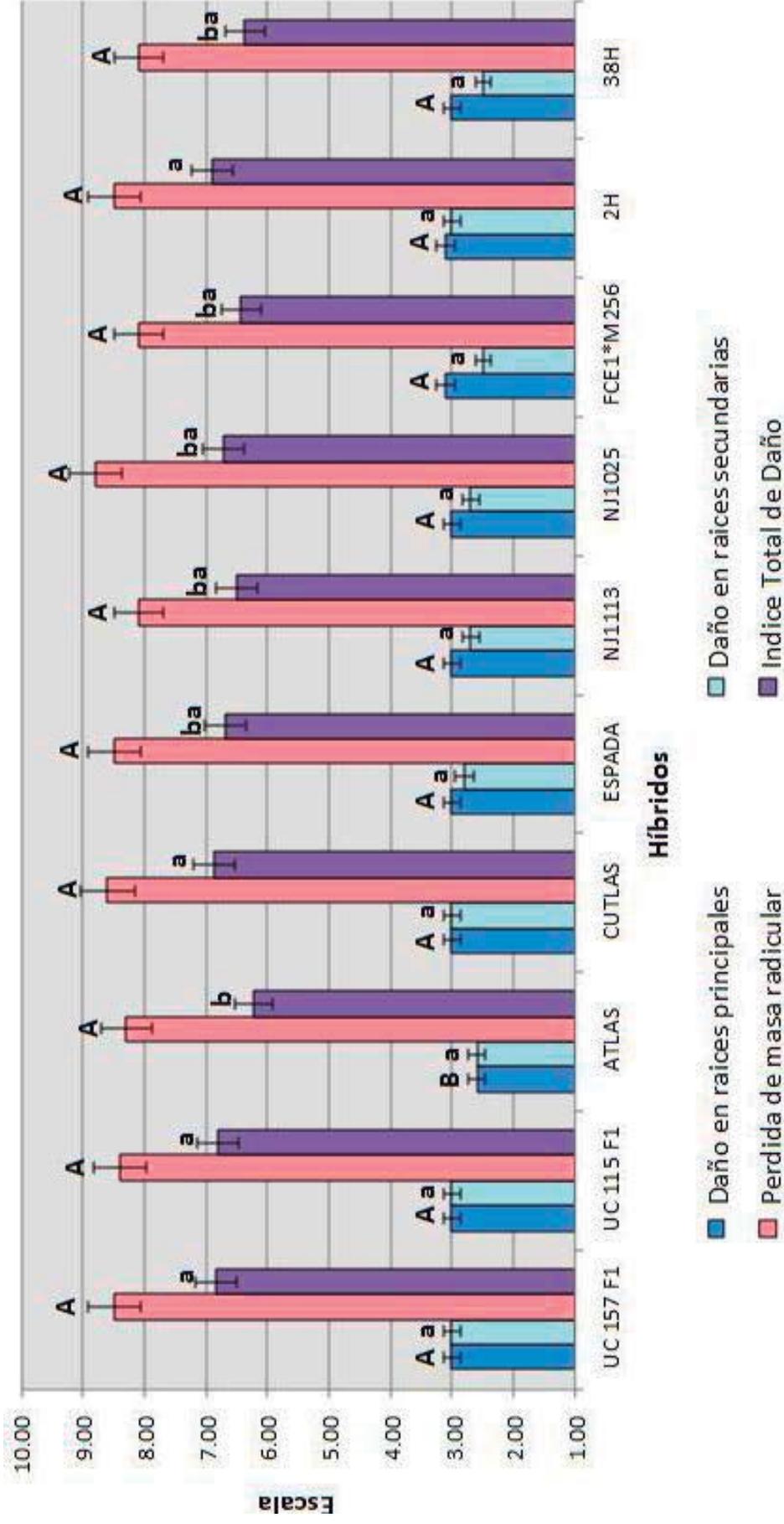


Figura 4: Escala promedio de daño en raíces principales y secundarias, Pérdida de masa radicular e Índice total de daño en los cultivares de espárrago sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

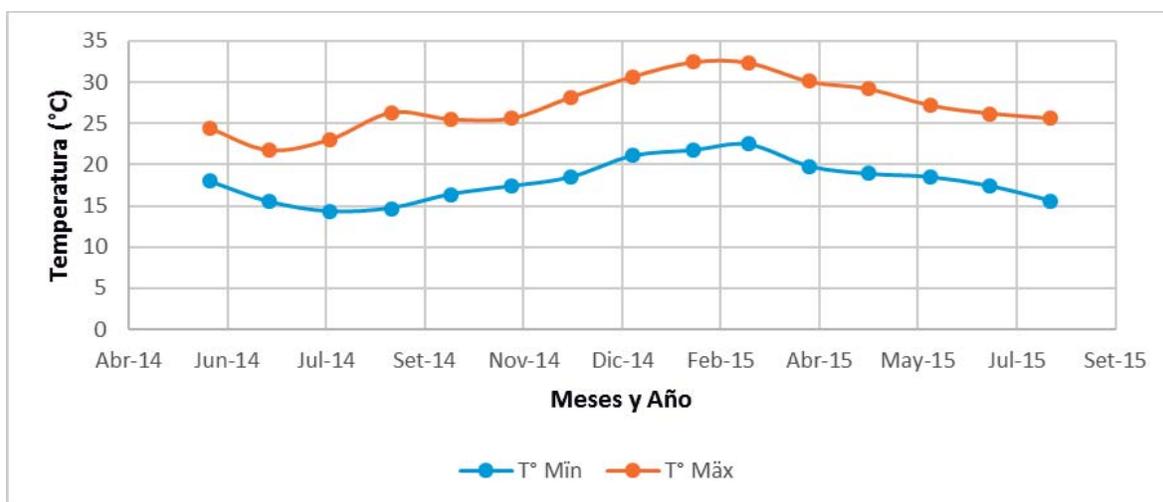
Consideramos al porcentaje de daño en raíces principales, secundarias, pérdida de masa radicular e índice total como parámetros muy importantes, (Cuadro 7 y 8), debido a que están directamente relacionadas con la sintomatología principal causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi*. Así tenemos como consecuencia que las raicillas secundarias se descomponen y en las raíces principales aparecen zonas blandas, de unos 2 mm de longitud, permaneciendo el resto “sano” a primera vista. Poco a poco estas zonas blandas van creciendo, alcanzando a toda la raíz principal (Sánchez y Apaza, 2000). En el parámetro % de daño en raíces (Figura 2), el cultivar FCE1*M256 y ATLAS están cercanos al 30% en el caso de las raíces principales, mientras que en caso de raíces secundarias es de 23%, por lo que se ubican en el grado 3 de la “Escala de Daño en raíces para *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* por Block, W.J, 1997” tanto para el caso de raíces principales como secundarias (Anexo 8 y 12). En este mismo parámetro, los valores más altos y por ende asociado a la mayor susceptibilidad al patógeno, corresponden a las variedades UC 157 F1 y UC 115 F1, en ambos casos con 41% de daño en raíces principales y cerca de 35% en raíces secundarias, lo que indica su mayor susceptibilidad a *F. oxysporum* f. sp. *asparagi*; los resultados anteriormente descritos permiten conocer la relación directa entre el daño en raíces y el desarrollo radicular en cuanto a longitud promedio de raíces. No se observaron mayores daños en las raíces debido posiblemente a que el desarrollo vegetativo, en el invernadero, fue influenciado en mayor parte por las temperaturas de La Molina (Fig. 5); lo cual no favorece el ataque de *F. oxysporum* f. sp. *asparagi*. Las condiciones climáticas más importantes para el desarrollo de las especies de *Fusarium* son las altas temperaturas en el rango de los 20-25 °C, alta intensidad lumínica, elevada humedad relativa del ambiente (75-95%) y alta densidad de plantas (Marquina y Plasencia, 1990), además, algunas condiciones como el estrés en la planta, incrementan la incidencia y la severidad de la infección causada por *Fusarium* (Nigh, mencionado por Keulder) (Keulder, 1997).

Los parámetros, pérdida de masa radicular e índice total de daño, corroboran los datos anteriormente mencionados. La evaluación de la pérdida de masa radicular, no sólo para los cultivares ATLAS y FCE1*M256, sino para las restantes, indican un alto grado de daño en las raíces, en todos los casos sobrepasan el grado 8 (Anexo 16), que representa cerca del 80% de la masa radicular perdida en cuanto a raíces absorbentes, por el ataque de

F. oxysporum f. sp. *asparagi* en comparación con aquellos sembrados en arena los cuales no presentaron ningún tipo de daño.

El índice total de daño (Anexo 18), que en todo los casos sobrepasa el valor de 6 (siendo el mayor valor 10, correspondiendo este a un daño al 100% de raíces por las lesiones de *F. oxysporum* f. sp. *asparagi*), indica en todos los casos que ninguna de las variedades es tolerante a *F. oxysporum* f. sp. *asparagi*, no coincidiendo con lo descrito por Delgado, 1993, quien describe que ATLAS es tolerante a *Fusarium oxysporum* f sp. *asparagi* y susceptible a la roya *Puccinia asparagi*, además también menciona que UC 115–F1 es tolerante a *Phytophthora megasperma* y su nivel de tolerancia a *Fusarium* similar al de UC157.

Figura 5: Temperaturas presentadas durante el desarrollo de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2014-2015.



Fuente: Registros del Observatorio Meteorológico Alexander Von Humboldt de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

4.2. EVALUACIÓN DE VARIABLES BIOMÉTRICAS SOBRE LOS 10 CULTIVARES DE ESPÁRRAGO SEMBRADOS EN SUELO NATURALMENTE INFESTADO CON *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

- **Longitud de Raíces**

Los datos de las longitudes de raíces (mm) tanto para los cultivares sembrados en arena como aquellos sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita* se presentan en el Cuadro 9; y son graficados en la Fig. 6. De acuerdo a esto podemos observar en la Fig. 6 que FCE1*M256 y ATLAS presentaron las mayores longitudes promedio de raíces ante la infestación obteniendo un mayor promedio que NJ1113, ESPADA, CUTLAS, UC 157 F1, UC115 F1; mientras que en arena ATLAS presentó el mayor valor frente a FCE1*M256, UC157 F1, ESPADA, 38H, 2H, UC115 F1, NJ1113, NJ1025, CUTLAS; el orden descrito para los cultivares está sujeto a los valores correspondientes presentados en el Cuadro 9.

El análisis de variancia para la longitud de raíces de los cultivares sembrados en arena y en suelo naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita* determinó diferencias significativas entre ellos (Anexo 1 y 3); de acuerdo a la prueba de medias (Tukey P=0.05) (Anexo 2) podemos mencionar que el cultivar FCE1*M256, tuvo el mejor desarrollo de raíces, en cuanto a longitud (mm), ante la infestación en comparación con los cultivares restantes excepto con ATLAS ya que sus valores no son significativamente diferentes.

Para la prueba de medias para este parámetro en arena (Tukey P=0.05) (Anexo 4) podemos mencionar que el cultivar ATLAS tuvo el mayor desarrollo de raíces, en cuanto a longitud (mm), en comparación con cultivares restantes.

En la Fig. 6, FCE1*M256, tuvo el mejor desarrollo de raíces, en cuanto a longitud (mm), debido a que presenta una longitud de 1391.36 mm ante la infestación, estando cercano al sembrado en arena (1453.41 mm), esto nos indica que a pesar de la presencia de la infestación natural hubo un óptimo desarrollo radicular, mostrándonos una respuesta positiva en cuanto a cierto nivel de tolerancia a dicha infestación; mientras que ATLAS, siendo el segundo mayor promedio, si mostró una mayor diferencia entre la longitud de las

raíces de las plantas sembradas en arena (1735.05 mm) en comparación con el tratamiento con suelo infestado naturalmente (1260.95 mm), reafirmando los resultados de la investigación de Aquino, 2002; que señala que ATLAS muestra tener un mayor vigor y mayor longitud de raíces. Le siguen a los mencionados, los cultivares 38H (1120.87 mm) y 2H (1115.79 mm), quienes presentaron el tercer y cuarto valor más alto frente al resto de cultivares, ubicados en este lugar por la menor diferencia encontrada con sus cultivares sembrados en arena.

Aquellos que presentaron los menores valores para este parámetro fueron UC 157 F1 y UC 115 F1 con valores de 962.42 mm y 954.65 mm ocupando el noveno y décimo lugar, considerándolos como los más susceptibles encontrándose un alto diferencial con respecto a aquellos sembrados en arena.

Cuadro 9: Longitud promedio de Raíces, en mm, de los Cultivares de espárrago sembrados en arena y en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

Longitud de Raíces en Arena		Longitud de Raíces en Suelo Infestado	
ATLAS	1,735.05	FCE1*M256	1,391.36
FCE1*M256	1,453.41	ATLAS	1,260.95
UC 157 F1	1,449.7	38H	1,120.87
ESPADA	1,438.59	2H	1,115.79
38H	1,394.47	NJ1025	1,109.39
2H	1,380.79	NJ1113	1,070.76
UC 115 F1	1,380.02	ESPADA	1,035.75
NJ1113	1,371.04	CUTLAS	1,001.06
NJ1025	1,353.73	UC 157 F1	962.42
CUTLAS	1,319.33	UC 115 F1	954.65
Coefficiente de Variabilidad	8.33%	Coefficiente de Variabilidad	11.34%

Los promedios seguidos de la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey a $p=0.05$

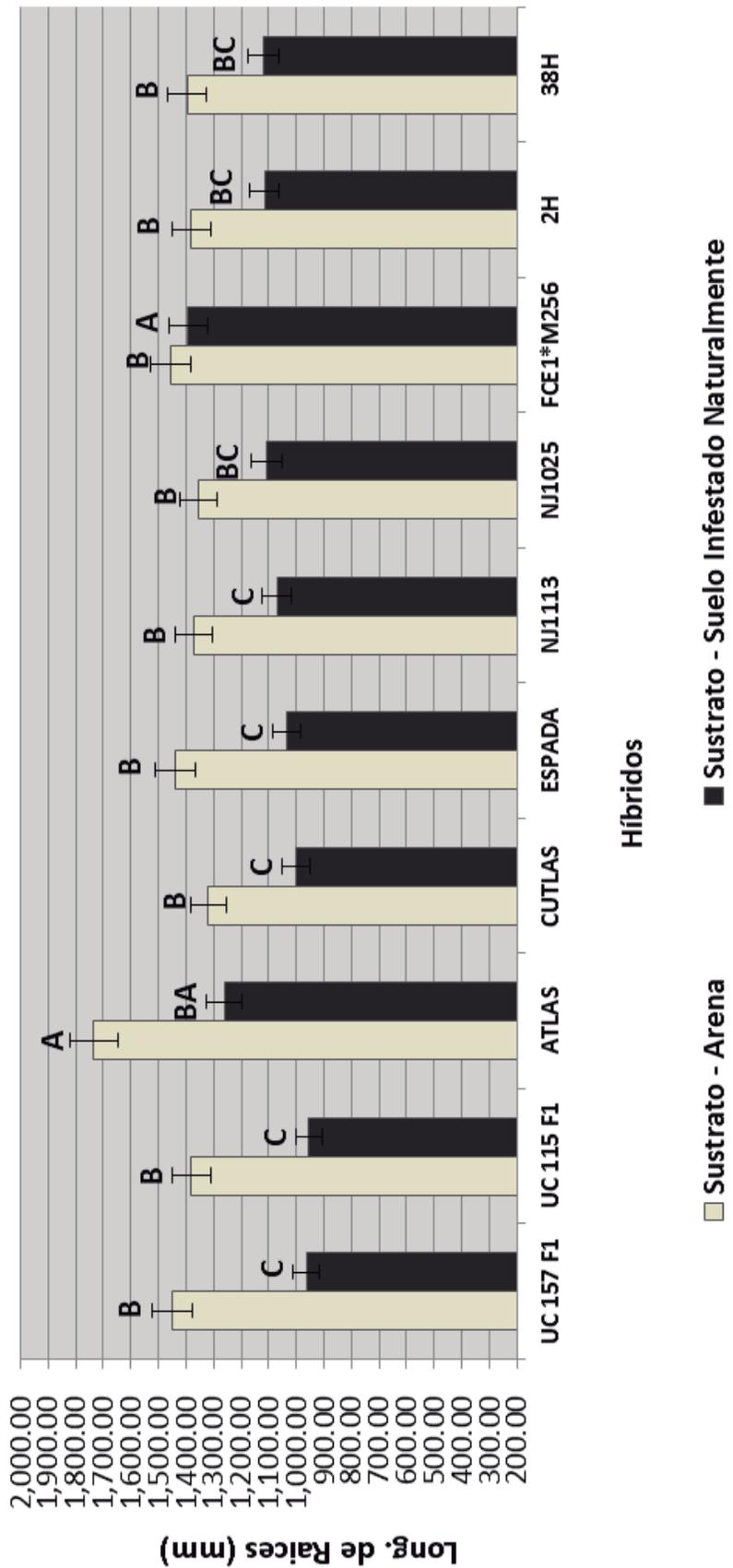


Figura 6: Longitud promedio de Raíces, en mm, de los Cultivares de espárrago sembrados en arena y en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. *sp asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

- **Peso fresco del tallo (g)**

Los datos promedio del peso fresco del tallo (g) se muestran en el Cuadro 10 y grafican en la Fig. 7; en esta última se pueden apreciar claramente dos altos valores correspondientes a ATLAS Y 2H, y dos menores correspondientes a UC157 F1 y UC115 F1; los cultivares restantes se encuentran en un nivel intermedio a los anteriormente mencionados (CUTLAS, NJ1025, NJ1113, ESPADA, FCE1*M256, CUTLAS, 38H), el orden descrito para los cultivares está sujeto a los valores correspondientes presentados en el Cuadro 8.

El análisis de variancia para este parámetro presentó diferencias significativas entre los cultivares (Anexo 19); de acuerdo a la prueba de medias (Tukey $P=0.05$) (Anexo 20) podemos mencionar que ATLAS y 2H fueron los cultivares que presentaron los mayores pesos frescos promedio del tallo (g) siendo estos significativamente diferentes a UC157 F1 y UC115 F1 los menores valores.

- **Peso seco del tallo (g)**

Los datos promedio del peso seco del tallo (g) se muestran en el Cuadro 10 y grafican en la Fig. 7; en esta última se pueden observar dos valores más altos correspondientes a ATLAS y FCE1*M256 y un menor valor correspondiente a UC115 F1; los cultivares restantes se encuentran en un nivel intermedio a los anteriormente mencionados (2H, ESPADA, NJ1025, NJ1113, 38H, CULAS, UC157 F1), el orden descrito para los cultivares está sujeto a los valores correspondientes presentados en el Cuadro 10.

El análisis de variancia para este parámetro presentó diferencias significativas entre los cultivares (Anexo 23); de acuerdo a la prueba de medias (Tukey $P=0.05$) (Anexo 24) podemos mencionar que ATLAS y FCE1*M256 fueron los cultivares que presentaron el mayor peso seco promedio de raíces (g) en comparación con los restantes por presentar promedios significativamente diferentes, y que UC115 F1 presenta el menor valor.

Cuadro 10: Pesos promedio fresco y seco de follaje (g), y peso promedio fresco y seco de raíces (g); de los cultivares de espárrago sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

	Peso fresco de tallo		Peso fresco de raíces		Peso seco de tallo		Peso seco de raíces				
ATLAS	10.27	A	ATLAS	35.28	A	ATLAS	5.16	A	ATLAS	20.22	A
2H	8.98	A	CUTLAS	26.10	B	FCE1*M256	4.77	A	FCE1*M256	17.15	A
NJ1025	8.00	BA	FCE1*M256	25.09	B	2H	3.24	B	CUTLAS	14.04	B
NJ1113	7.95	BA	NJ1025	24.53	B	ESPADA	2.73	CB	38H	12.38	B
ESPADA	7.92	BA	38H	23.53	B	NJ1025	2.54	CBD	2H	11.74	CB
FCE1*M256	7.37	BAC	ESPADA	23.34	B	NJ1113	2.37	CBD	NJ1025	11.00	CB
CUTLAS	5.89	BC	2H	23.01	B	38H	1.97	CED	ESPADA	8.80	CD
38H	4.50	DC	UC 115 F1	22.70	B	CUTLAS	1.58	FED	NJ1113	6.74	D
UC 157 F1	2.54	D	NJ1113	16.52	B	UC 157 F1	1.06	FE	UC 157 F1	6.52	D
UC 115 F1	2.43	D	UC 157 F1	13.91	C	UC 115 F1	0.86	F	UC 115 F1	6.23	D
C.V.	21.40%		C.V.	11.06%		C.V.	17.37%		C.V.	13.94%	
Significación	*		Significación	*		Significación	*		Significación	*	

Los promedios seguidos de la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey a $p=0.05$

* = significativo, n.s.= no significativo

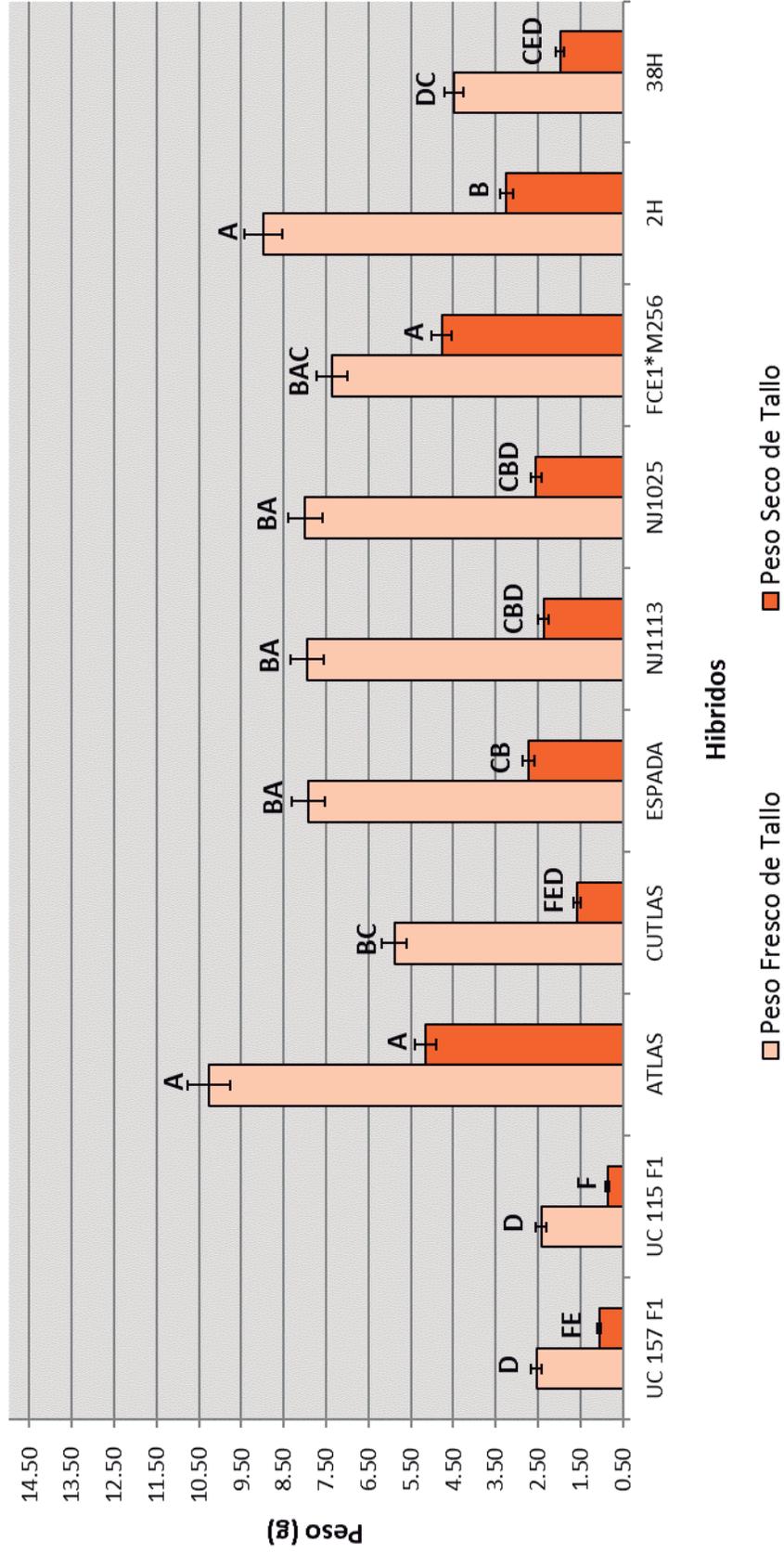


Figura 7: Pesos promedio fresco y seco de tallo (g), de los cultivares de espárrago sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

- **Peso fresco de raíces (g)**

Los datos promedio del peso fresco de raíces (g) se muestran en el Cuadro 10 y grafican en la Fig. 8; en esta última se pueden apreciar un valor más alto correspondientes a ATLAS y un menor valor correspondiente a UC157 F1; los cultivares restantes se encuentran en un nivel intermedio a los anteriormente mencionados (CUTLAS, FCE1*M256, NJ1025, 38H, ESPADA, 2H, UC115 F1, NJ1113), el orden descrito para los cultivares está sujeto a los valores correspondientes presentados en el Cuadro 10. El análisis de variancia para este parámetro presentó diferencias significativas entre los cultivares (Anexo 21); de acuerdo a la prueba de medias (Tukey $P=0.05$) (Anexo 22) podemos mencionar que ATLAS fue el cultivar que presentó el mayor peso fresco promedio de raíces (g) en comparación con los restantes por presentar promedios significativamente diferentes, y que UC157 F1 presenta el menor valor.

- **Peso seco de las raíces, en gramos**

Los datos promedio del peso seco de raíces (g) se muestran en el Cuadro 10 y grafican en la Fig. 8; en esta última se pueden observar dos valores más altos correspondientes a ATLAS y FCE1*M256 y tres valores menores correspondiente a NJ1113, UC157 F1, UC115 F1; los cultivares restantes se encuentran en un nivel intermedio a los anteriormente mencionados (CUTLAS, 38H, 2H, NJ1025, ESPADA), el orden descrito para los cultivares está sujeto a los valores correspondientes presentados en el Cuadro 10. El análisis de variancia para este parámetro presentó diferencias significativas entre los cultivares (Anexo 25); de acuerdo a la prueba de medias (Tukey $P=0.05$) (Anexo 26) podemos mencionar que ATLAS y FCE1*M256 fueron los cultivares que presentaron el mayor peso seco promedio de raíces (g) en comparación con los restantes por presentar promedios significativamente diferentes, y NJ1113, UC157 F1, UC115 F1 presentaron los menores valores (promedios no significativamente diferentes entre ellos).

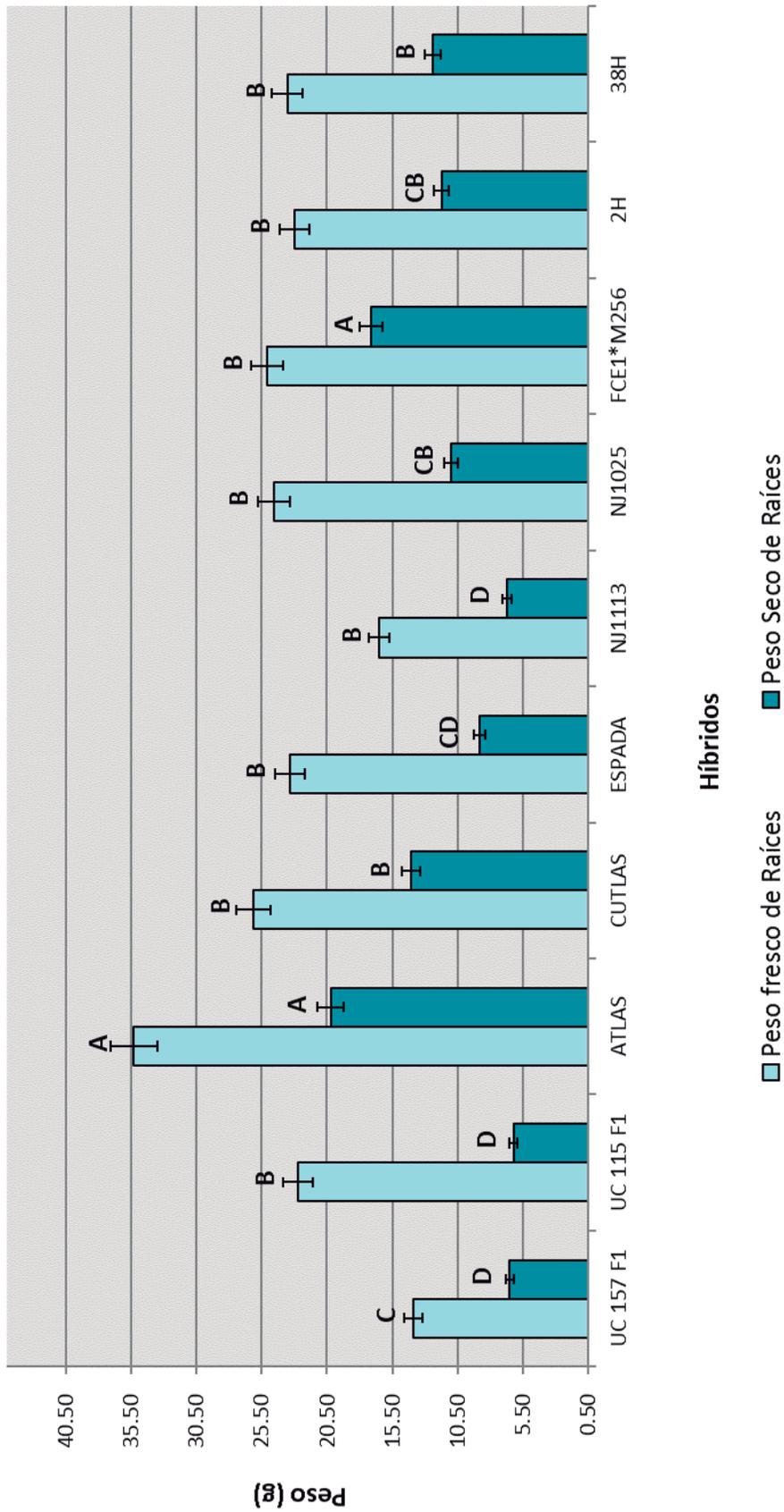


Figura 8: Pesos promedio fresco y seco de raíces (g), de los cultivares de espárrago sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

- **Porcentaje de Materia seca (%)**

Los datos promedio del porcentaje de materia seca de tallo (%) se muestran en el Cuadro 11 y grafican en la Fig. 9; en esta última se pueden apreciar un valor más alto correspondientes a ATLAS y un menor valor correspondiente a CUTLAS; los cultivares restantes se encuentran en un nivel intermedio a los anteriormente mencionados (ATLAS, 38H, UC157F1, 2H, ESPADA, UC115 F1, NJ1025, NJ1113), el orden descrito para los cultivares está sujeto a los valores correspondientes presentados en el Cuadro 11. El análisis de variancia para este parámetro presentó diferencias significativas entre los cultivares (Anexo 27); de acuerdo a la prueba de medias (Tukey $P=0.05$) (Anexo 28) podemos mencionar que ATLAS fue el cultivar que presentó el mayor porcentaje promedio de materia seca de tallo (%) en comparación con los restantes por presentar promedios significativamente diferentes, y que CUTLAS presenta el menor valor. Para aquellos cultivares sembrados en arena el análisis de variancia para el porcentaje promedio de materia seca de tallo (%) presentó diferencias significativas entre los cultivares (Anexo 39) el mayor valor más resaltante es el de FCE1*M256 y el menor para CUTLAS; el orden descrito para los cultivares está sujeto a los valores correspondientes presentados en el Cuadro 9. Estos son corroborados de acuerdo a la prueba de medias (Tukey $P=0.05$) (Anexo 40).

Los datos promedio del porcentaje de materia seca de raíces (%) se muestran en el Cuadro 11 y grafican en la Fig. 10; en esta última se pueden apreciar dos valores altos correspondientes a FCE1*M256 y ATLAS, y un menor valor correspondiente a UC115 F1; los cultivares restantes se encuentran en un nivel intermedio a los anteriormente mencionados (38H, 2H, UC157 F1, NJ1025, NJ1113, ESPADA, CUTLAS), el orden descrito para los cultivares está sujeto a los valores correspondientes presentados en el Cuadro 9. El análisis de variancia para este parámetro presentó diferencias significativas entre los cultivares (Anexo 29); de acuerdo a la prueba de medias (Tukey $P=0.05$) (Anexo 30) podemos mencionar que FCE1*M256 fue el cultivar que presentó el mayor porcentaje promedio de materia seca de raíces (%) en comparación con los restantes por presentar promedios significativamente diferentes, y UC115 F1 presenta el menor valor.

Para el porcentaje promedio de materia seca de raíces (%) de aquellos cultivares sembrados en arena el análisis de variancia presentó diferencias significativas entre los cultivares (Anexo 41) siendo los valores altos más resaltantes los de UC157 F1, FCE1*M256, 38H, y los dos menores valores para UC115 F1 y CUTLAS; el orden descrito para los cultivares está sujeto a los valores correspondientes presentados en el Cuadro 9. Estos son corroborados de acuerdo a la prueba de medias (Tukey P=0.05) (Anexo 42) que resaltan a UC157 F1 como el que presenta el mayor porcentaje promedio de materia seca de raíces (%) en comparación con los cultivares restantes, por presentar promedios significativamente diferentes, y UC115 F1 y CUTLAS presentan el menor porcentaje promedio de materia seca de raíces (%) (Promedios no significativamente diferentes entre ellos).

De acuerdo a los datos del Cuadro 11, graficados en la Fig. 9 (tallo) y en la Fig. 10 (raíces); se puede encontrar claras diferencias entre los cultivares sembrados en arena y aquellos sembrados en suelo naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita.*; siendo los valores más altos para aquellos en arena. En el caso del parámetro evaluado para el tallo, Fig. 9, el cultivar FCE1*M256 destaca con el más alto valor tanto para arena como para suelo infestado lo que nos da una señal de un mejor desarrollo vegetativo ante los demás cultivares.

Para el caso del parámetro evaluado para raíces, Fig. 10, el valor más alto en arena es para el cultivar UC 157 F1 seguido de FCE1*M256; la situación cambia en aquellos sembrados en suelo infestado ya que el valor más alto lo posee FCE1*M256 seguido de ATLAS. Resaltan con mayor porcentaje de materia seca en tallo y raíces los cultivares ATLAS y FCE1*M256, corroborando su menor susceptibilidad al suelo naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La evaluación de los pesos seco y fresco de raíces y tallos, así como el porcentaje de materia seca en todos los cultivares indican que existe mayor reducción en términos generales en peso de raíces, en comparación con el tallo. Según menciona Benages, 1990; esto es lógico debido a que el principal daño que causa *F. oxysporum* f. sp. *asparagi* a la planta de espárrago es a las raíces, siendo secundarios los daños en tallo. *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* se ha especializado en infectar el tejido vascular en los diferentes órganos del espárrago

produciendo una serie de podredumbres que afectan tanto a los tallos como a la parte subterránea, siendo endémicas en la mayoría de las zonas esparragueras.

La acumulación de materia seca es comúnmente usada como parámetro para caracterizar el crecimiento, porque usualmente tiene un gran significado económico. La producción de asimilados por las hojas (fuente) y el punto hasta el cual pueden ser acumulados por el vertedero, que representan los órganos que son cosechados, influencia significativamente el rendimiento del cultivo (Marquínez y Corchuelo, 1998). La asignación de asimilados es el resultado del crecimiento y desarrollo, los cuales son mutuamente dependientes y son difíciles de analizar en experimentos separados. Los tallos, por ejemplo, no se desarrollan cuando hay una escasez de carbohidratos disponibles, en ese caso, el desarrollo es restringido por el crecimiento (Marcelis, 1996).

La asimilación de materia seca y su distribución dentro de la planta, son procesos importantes que determinan la productividad del cultivo. El estudio de los patrones de asignación de materia seca hacia las diferentes partes de la planta, la variabilidad de estos patrones entre cultivares y el efecto de las condiciones ambientales en el proceso, pueden ayudar a maximizar la productividad y a seleccionar cultivares para un propósito particular (Marquínez y Corchuelo, 1998).

Cuadro 11: Porcentaje promedio de Materia Seca de follaje y raíces; de los cultivares de espárrago sembrados en arena y en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

Arena		Suelo Infestado	
% Materia seca de tallo	% Materia seca de raíces	% Materia seca de tallo	% Materia seca de raíces
FCE1*M256 82.63 A	UC 157 F1 83.46 A	FCE1*M256 64.93 A	FCE1*M256 70.74 A
38H 69.19 B	FCE1*M256 82.81 BA	ATLAS 50.21 B	ATLAS 57.26 B
UC 157 F1 67.81 B	38H 75.53 BC	38H 44.43 C	38H 52.81 CB
ATLAS 63.97 B	2H 72.37 DC	UC 157 F1 41.97 C	2H 50.94 CD
UC 115 F1 57.43 C	ATLAS 71.90 DC	2H 36.19 D	UC 157 F1 46.79 CDE
2H 56.44 C	NJ1025 67.56 DE	ESPADA 34.66 ED	NJ1025 44.85 DE
ESPADA 53.96 DC	NJ1113 64.02 FE	UC 115 F1 34.05 ED	NJ1113 40.73 FE
NJ1025 49.54 DE	ESPADA 61.85 FE	NJ1025 31.84 EF	ESPADA 37.42 F
NJ1113 46.40 FE	UC 115 F1 60.06 F	NJ1113 29.82 GF	CUTLAS 35.39 F
CUTLAS 41.94 F	CUTLAS 58.80 F	CUTLAS 26.86 G	UC 115 F1 27.41 G
C.V. 4.92%	C.V. 4.97%	C.V. 4.21%	C.V. 6.35%
Significación *	Significación *	Significación *	Significación *

Los promedios seguidos de la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey a $p=0.05$

* = significativo, n.s.= no significativo.

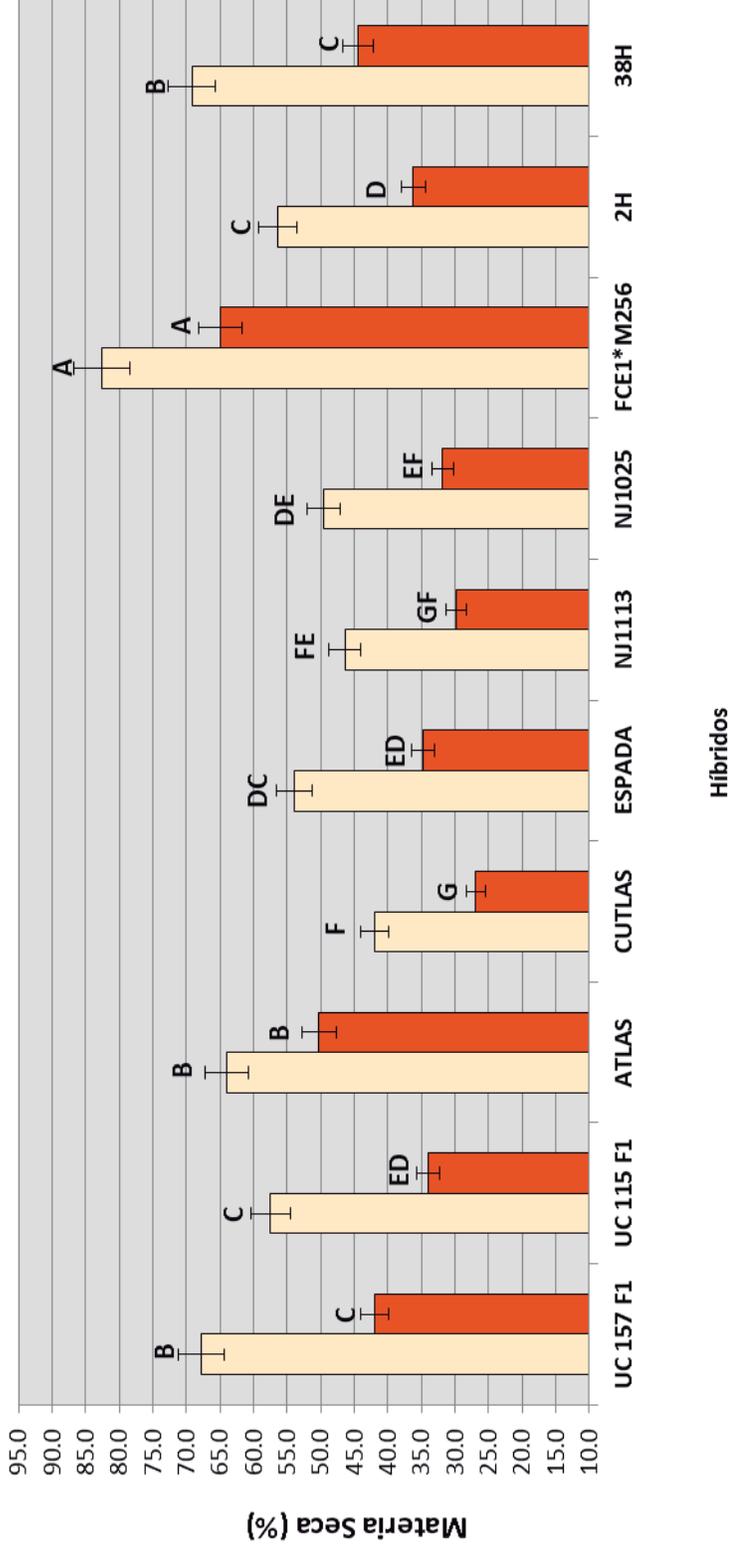


Figura 9: Comparativo de Porcentajes promedio de Materia Seca de tallo (%), de los cultivares de espárrago sembrados en arena y en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

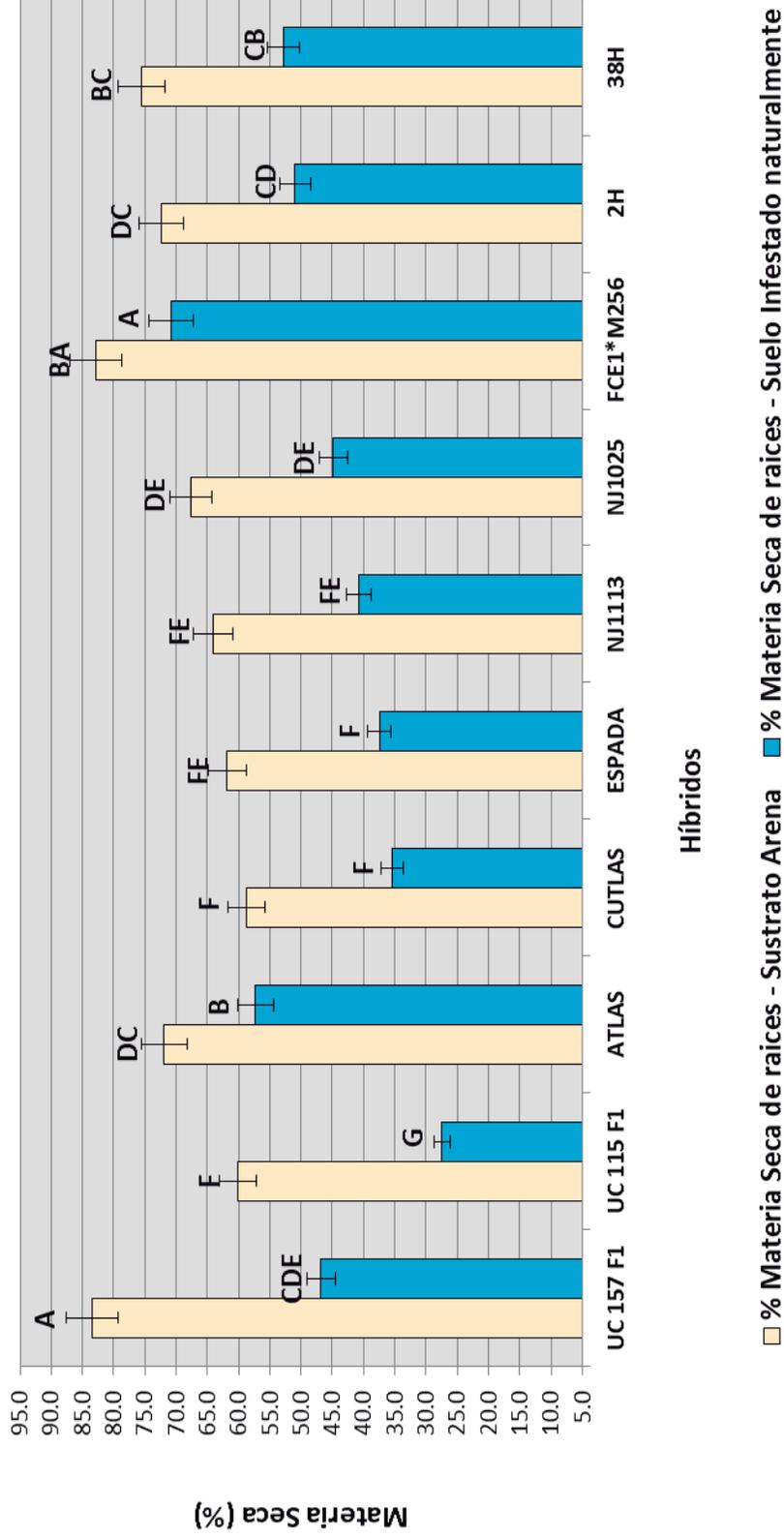


Figura 10: Comparativo de Porcentajes promedio de Materia Seca de raíces (%), de los cultivares de espárrago sembrados en arena y en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

- **Relación Comparativa de Porcentajes promedio de Materia Seca de tallo y raíces (%)**

En la relación comparativa del porcentaje promedio de materia seca de tallo (%) entre los cultivares sembrados en arena y aquellos sembrados en suelo naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita* se presentan los datos promedios que resultaron de la proporción del porcentaje de materia seca del cultivar infestado entre el cultivar en arena, tanto para tallo como para raíces en el Cuadro 12 y graficados en la Fig. 11. Siendo este un parámetro sumamente importante para evaluar el comportamiento de los cultivares sembrados en ambos sustratos; cabe mencionar que mientras más alta sea esta relación, existen pocas diferencias entre estos; lo que hace que aquellos sembrados en suelo infestado que presenten valores altos tanto en tallo como en raíces han tenido un mejor comportamiento ante el daño, con referencia al sembrado en arena; de acuerdo a lo anterior se pueden observar claras diferencias significativas (Anexo 47 y 49). Los mayores valores para la relación comparativa del porcentaje de materia seca de tallo fueron para los cultivares FCE1*M256 y ATLAS, de acuerdo a la prueba de medias para ambos parámetros (Tukey P=0.05) (Anexo 48 y 50) podemos mencionar que ambos presentan el mayor valor ante el resto de cultivares, el que presentó el menor valor fue UC 115 F1; corroborando de manera definitiva su alta susceptibilidad debido a la gran pérdida de materia seca con respecto aquellos sembrados en arena, al igual que el cultivar UC 157 F1, el cual presentó el penúltimo menor valor para la relación comparativa del porcentaje de materia seca tanto de tallo como de raíces. A pesar de que FCE1*M256 destaca con poca diferencia frente a ATLAS en la relación comparativa de tallo, en el caso de raíces la relación es mucho mayor que ATLAS; es por ello que podemos decir que FCE1*M256 destaca ante el resto de cultivares, con una mayor relación en raíces (Anexo 49); es decir que obtuvo la menor pérdida de materia seca en comparación con aquellos sembrados en arena; lo que nos indica un cierto grado de tolerancia, por el mejor desarrollo, a la presencia de infestaciones naturales de *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

Cuadro 12: Relación Comparativa de Porcentajes promedio de Materia Seca de tallo y raíces (%), de los cultivares de espárrago sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita* entre aquellos sembrados en arena. (Los valores más cercanos a 100% de aquellos cultivares que presentaron daño tuvieron una pérdida mínima de materia seca con respecto a aquellos sembrados en arena).

% Materia Seca de tallo		% Materia Seca de raíz			
FCE1*M256	78.77	A	FCE1*M256	85.51	A
ATLAS	78.70	A	ATLAS	79.99	A
38H	64.31	B	2H	70.41	B
NJ1025	64.28	B	38H	70.09	B
2H	64.28	B	NJ1025	66.39	CB
NJ1113	64.27	B	NJ1113	63.62	CBD
ESPADA	64.25	B	ESPADA	60.55	CD
CUTLAS	64.07	B	CUTLAS	60.16	CD
UC 157 F1	62.00	B	UC 157 F1	56.09	D
UC 115 F1	59.23	B	UC 115 F1	45.63	E
C.V.	4.98%		C.V.	6.34%	
Significación	*		Significación	*	

Los promedios seguidos de la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey a $p= 0.05$

* = significativo, n.s= no significativo

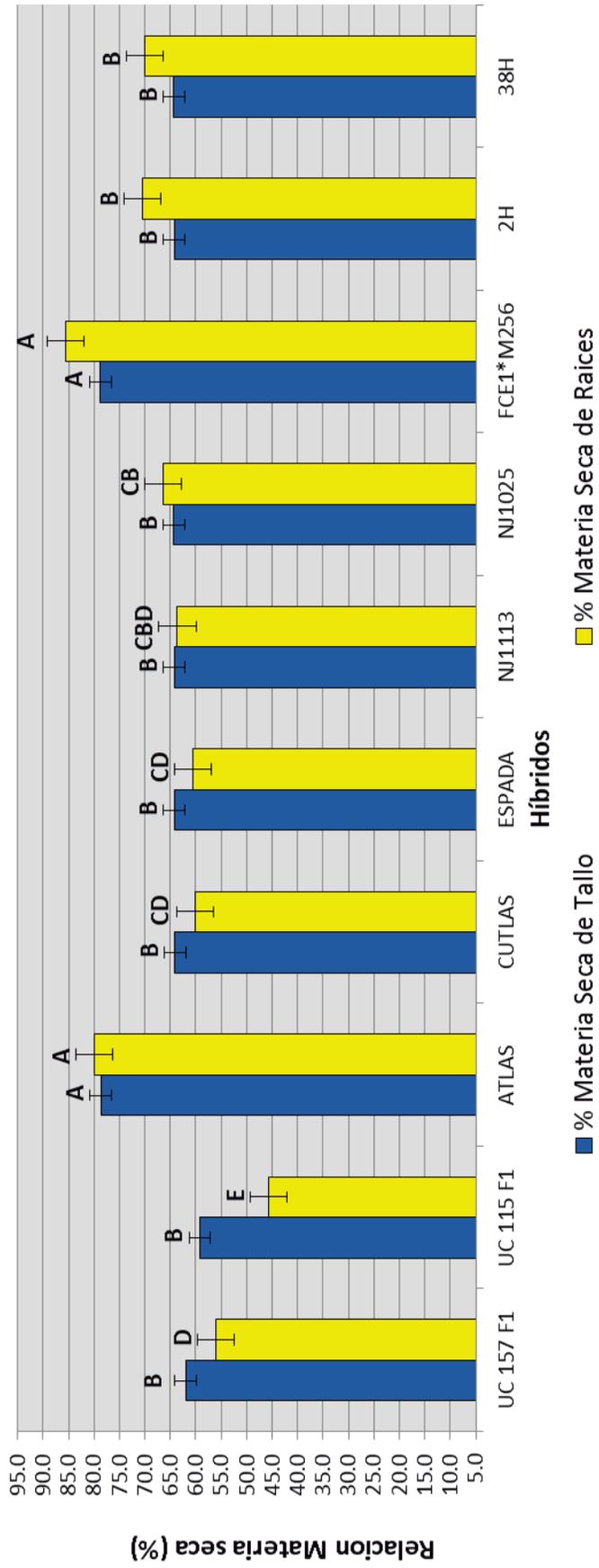


Figura 11: Relación Comparativa de Porcentajes promedio de Materia Seca de tallo y raíces (%), de los cultivares de espárrago sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita* entre aquellos sembrados en arena. (Los valores más cercanos a 100% de aquellos cultivares que presentaron daño tuvieron una pérdida mínima de materia seca con respecto a aquellos sembrados en arena).

4.3. EFECTO DE *Meloidogyne incognita*. EN EL BIOENSAYO CON TOMATE VAR. RIO GRANDE SOBRE 10 CULTIVARES DE ESPÁRRAGO SEMBRADOS EN SUELO NATURALMENTE INFESTADO CON *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

- **Escala de Zeck (Grado de Nodulación) - Relación Población final/ Población inicial (Pf/Pi)**

Los datos promedio del Grado de Nodulación Relación Población fina/ Población inicial (Pf/Pi) se muestran en el Cuadro 13 y Cuadro 14 siendo el primero el correspondiente a los valores para los cultivares de espárrago y el segundo para los plantines de tomate var. rio Grande; se grafican en la Fig. 13 y Fig. 14 el comparativo de la Tasa poblacional y Escala de Zeck respectivamente.

El análisis de variancia para la Tasa poblacional (Población final/Población inicial) y escala de Zeck nos muestran que hubo diferencias significativas entre cultivares para ambos parámetros (Anexo 51 y 53). ATLAS presento una tasa poblacional muy baja en comparación con los demás cultivares, presentando el menor valor mientras que UC 157 F1 presenta la mayor tasa poblacional con el mayor valor, de acuerdo a la prueba de medias (Tukey P=0.05) (Anexo 52). Para la escala de Zeck, ATLAS es el que presentó menor daño en cuanto al ataque de *Meloidogyne incognita* por poseer el menor valor, de acuerdo a la prueba de medias (Tukey P=0.05) (Anexo 54). Cabe mencionar que de acuerdo a la escala, los valores de las tasas poblacionales calculadas en los cultivares menores a 1.2, no son considerados hospedantes eficientes.

Para el caso del análisis de variancia para la Tasa poblacional (Población final/Población inicial) y escala de Zeck en los plantines de tomate var. Rio Grande sembrados en las macetas con infestación natural de los cultivares de espárrago; también se encontró diferencias significativas (Anexo 55 y 57). FCE1*M256 y NJ1113 son los que presentan las mayores tasas poblacionales (Anexo 56), siendo el primero el de mayor valor, a diferencia del resto de cultivares; sin embargo debemos mencionar que ATLAS fue el de menor valor; para la escala de Zeck, (Anexo 58), NJ1113 presenta el mayor daño frente a UC 157 F1, 2H, 38H, UC 115 F1 y ATLAS cuyos menores valores son similares.

De acuerdo a la escala, mencionada por Canto – Saénz, 1996; los valores de las tasas poblacionales calculadas en los plantines mayores a 1.2, son considerados hospedantes eficientes.

El tomate es un cultivo indicador de la presencia de *Meloidogyne incognita*, el cual es una de las principales plagas del cultivo de hortalizas en la costa del Perú (Bergenson, 1972). Para el experimento, antes del transplante de los cultivares a estudiar se realizó un análisis de suelo, con la finalidad de identificar la presencia del nematodo (Anexo 61). El bioensayo realizado corroboró la presencia del nematodo *M. incognita* en el suelo de Chavimochic infestado naturalmente. Se contabilizó la tasa poblacional de *M. incognita*, con lo cual se determinó que el tomate *L. esculentum* var. Rio Grande es un hospedante eficiente, reafirmando la investigación de Espino, 2002; el cual afirma que el cultivar Rio Grande Estándar es un hospedero eficiente de *M. incognita* y se comportó como hospedero eficiente, presentando un alto grado de nodulación y una alta tasa de reproducción; siendo este dato importante para proseguir con la respectiva evaluación de los cultivares. La diferencia de valores entre los plantines de tomate sembrados en el suelo naturalmente infestado donde estuvo el cultivar ATLAS y FCE1*M256 (Cuadro 12), puede indicar cierto grado de tolerancia del primer cultivar frente a una alta susceptibilidad del segundo, dentro de todos los cultivares en investigación. Esta diferencia no se mantiene similar en los cultivares de espárrago sembrados en el suelo naturalmente infestado (Cuadro 11), en la cual ATLAS mantiene la menor tasa poblacional mientras que el mayor valor fue para UC 157 F1; desplazando hasta un cuarto lugar a FCE1*M256, lo que nos demuestra cierto grado de tolerancia de este último.

Cuadro 13: Tasa poblacional (Población final/Población inicial) y escala de Zeck, W.M. 1971; de los cultivares de espárrago sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

CULTIVAR	Pf/Pi	ESCALA ZECK	COMPORTAMIENTO
UC 157 F1	0.76	3.00	Hospedante no Eficiente
CUTLAS	0.62	3.00	Hospedante no Eficiente
NJ1025	0.58	3.00	Hospedante no Eficiente
FCE1*M256	0.46	3.00	Hospedante no Eficiente
2H	0.46	3.00	Hospedante no Eficiente
ESPADA	0.40	3.00	Hospedante no Eficiente
NJ1113	0.32	3.00	Hospedante no Eficiente
38H	0.28	3.00	Hospedante no Eficiente
UC 115 F1	0.28	3.00	Hospedante no Eficiente
ATLAS	0.16	2.40	Hospedante no Eficiente
Coefficiente de Var.	21.00%	5.89%	

Pf/Pi = 1.2 Tasa Poblacional de MI (población final/población inicial)

Escala de Zeck; donde 0= Sistema radicular completamente sano, no infestado y 10= Planta y sistema radicular están muertas Zeck, W.M. 1971

Los promedios seguidos de la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey a p= 0.05

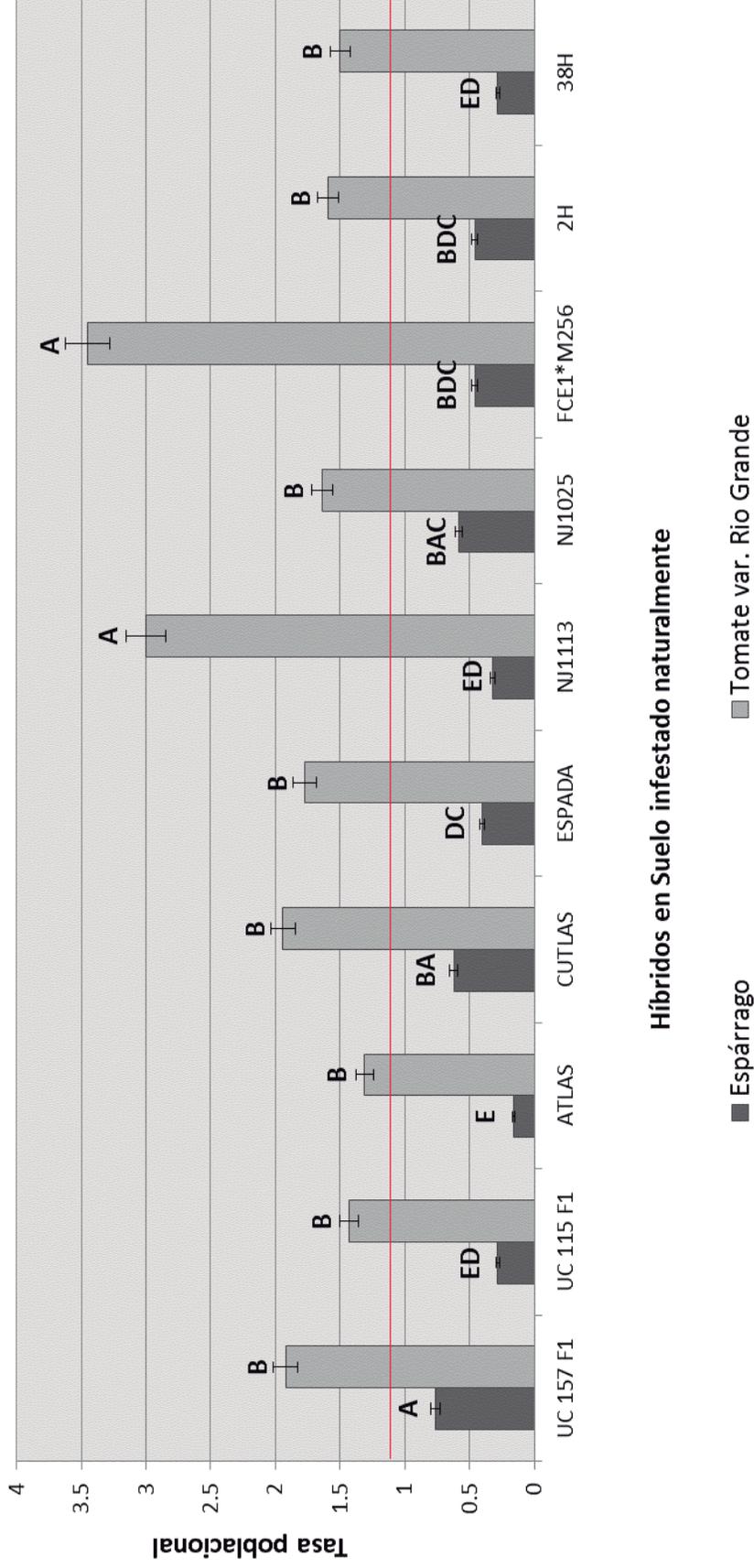
Cuadro 14: Tasa poblacional (Población final/Población inicial) y escala de Zeck, W.M. 1971; de tomate var. Rio Grande sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

CULTIVAR	Pf/Pi	ESCALA ZECK	COMPORTAMIENTO
FCE1*M256	3.45	5.80	Hospedante Eficiente
NJ1113	3.00	6.00	Hospedante Eficiente
CUTLAS	1.94	5.60	Hospedante Eficiente
UC 157 F1	1.92	5.00	Hospedante Eficiente
ESPADA	1.77	5.20	Hospedante Eficiente
NJ1025	1.64	5.60	Hospedante Eficiente
2H	1.59	5.00	Hospedante Eficiente
38H	1.50	5.00	Hospedante Eficiente
UC 115 F1	1.43	5.00	Hospedante Eficiente
ATLAS	1.31	5.00	Hospedante Eficiente
Coefficiente de Var.	16.15%	5.94%	

Pf/Pi = Tasa Poblacional de MI (población final/población inicial)

Escala de Zeck; donde 0= Sistema radicular completamente sano, no infestado y 10= Planta y sistema radicular están muertas Zeck, W.M. 1971.

Los promedios seguidos de la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey a $p= 0.05$



Pf/Pi = 1.2

Híbridos en Suelo infestado naturalmente

Figura 12: Comparativo de Tasa Poblacional de *Meloidogyne incognita* en cultivares de espárrago y tomate var. Rio Grande sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita* y los cultivares de espárrago sembrados en arena.

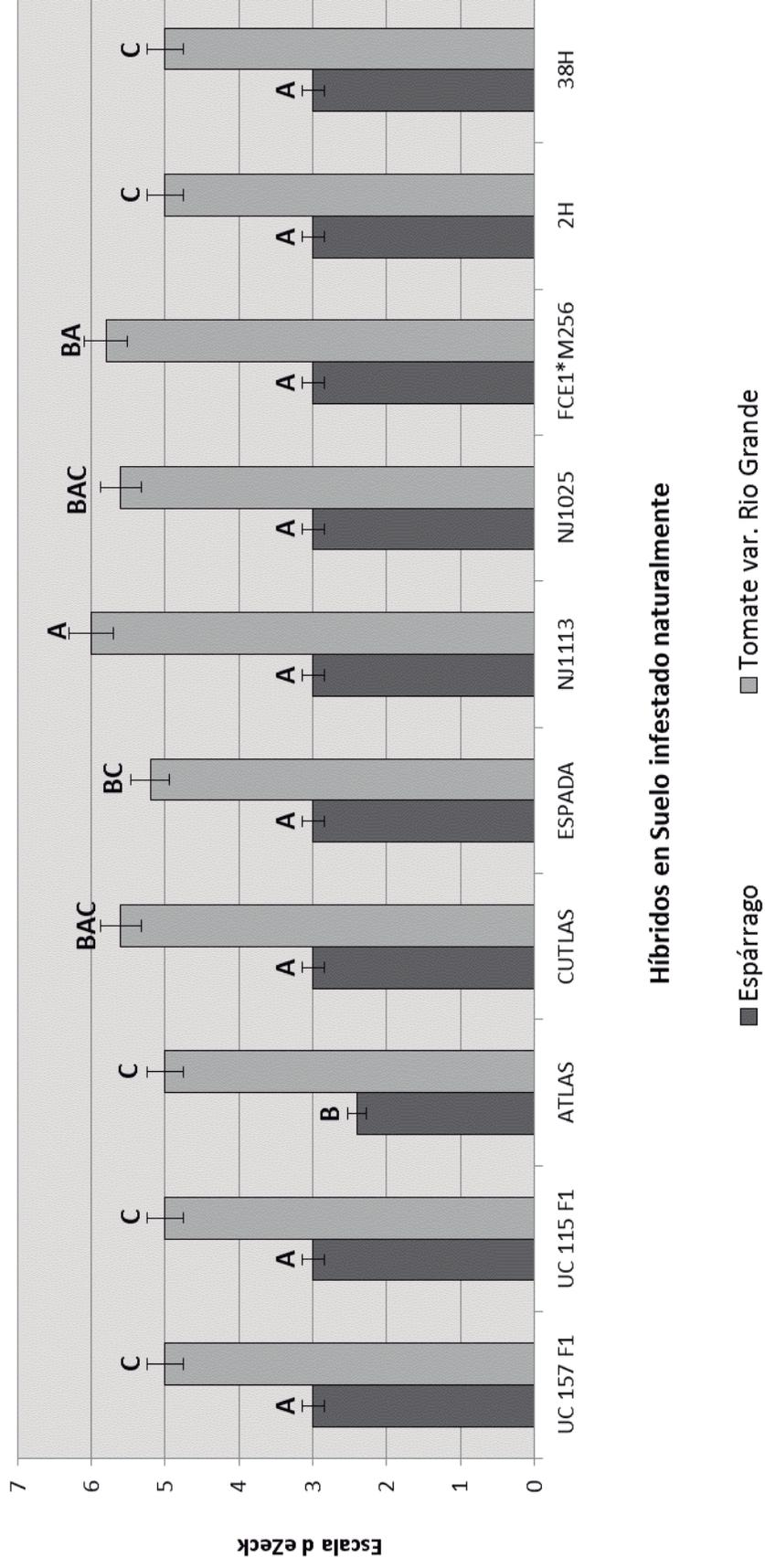


Figura 13: Comparativo de la Escala de Zeck, W.M. 1971 para el daño por *Meloidogyne incognita* en cultivares de espárrago y tomate var. Rio Grande sembrados en suelo de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita* y los cultivares de espárrago sembrados en arena.

Debemos resaltar que si bien es cierto, según las evaluaciones realizadas, los cultivares que coincidieron como los más susceptibles: UC115 F1 y UC 157 F1 en ese orden respectivamente, no coincide con lo que menciona Delgado, 1993, quien describe que UC 115 – F1, es tolerante a *Phytophthora megasperma* y su nivel de tolerancia a *Fusarium* similar al de UC157; es importante tomar en cuenta lo mencionado por Guzmán y Mielgo A., 2008, en cuanto a que el monocultivo favorece la multiplicación de parásitos y enfermedades específicas, ya que cada cultivo favorece la presencia de determinados organismos (hongos, bacterias, etc.) en el suelo. Cuando un cultivo se repite mucho (monocultivo), se incrementan las poblaciones de estos organismos y algunos llegan a convertirse en dañinos para el cultivo; y también saber que el suelo con infestaciones naturales de *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita* es proveniente de una esparraguera de UC 157 F1, lo cual confirma lo anterior mencionado por Guzmán y Mielgo reflejándose en los resultados de alta susceptibilidad para UC115 F1 y UC 157 F1.

Abawi y Mai, 1987; resaltan que las interacciones entre nemátodos fitoparásitos y hongos fitopatógenos pueden llegar a ocasionar la pérdida del cultivo. En la mayoría de los casos, el papel de los nemátodos no es esencial para la infección y establecimiento de los hongos, aunque sí puede alterar la incidencia y severidad de las enfermedades causadas por éstos. Los diferentes parámetros evaluados para cada uno de los 10 cultivares de espárrago probados en este experimento frente a infestaciones naturales de *F. oxysporum* f. sp. *asparagi* y *M. incognita*, tanto para el caso de las raíces como para el tallo, resaltan el comportamiento de dos cultivares, ATLAS y FCE1*M256.

Los dos cultivares ATLAS y FCE1*M256 presentan un mejor comportamiento frente a los demás, básicamente en su respuesta a los parámetros evaluados: Longitud de raíces, % de daño en raíces principales y secundarias, número de lesiones, peso fresco de raíces, peso seco de tallos y raíces y el porcentaje de materia seca de tallos y raíces.

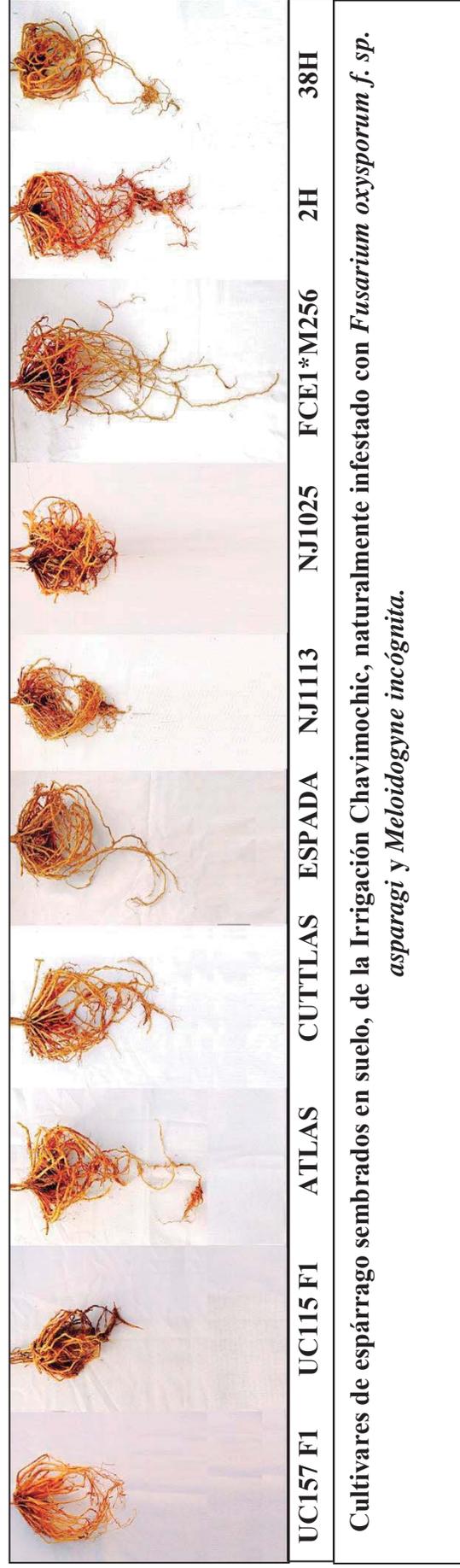
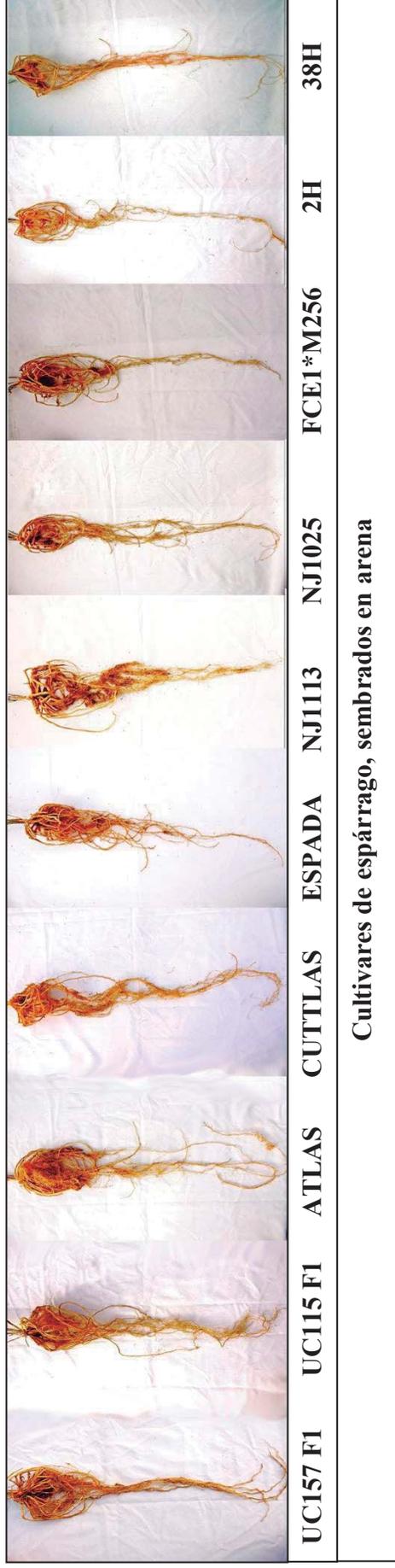


Figura 14: Composición de fotos de los Cultivares de espárrago sembrados en arena y en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum f. sp. asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

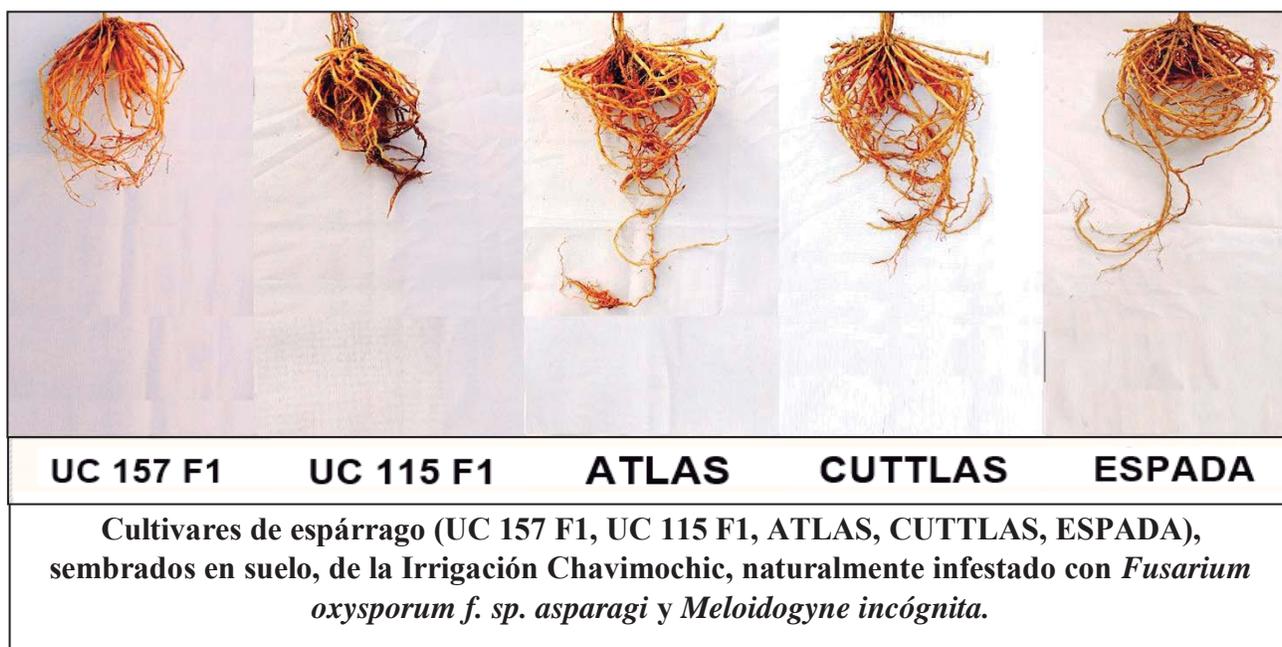
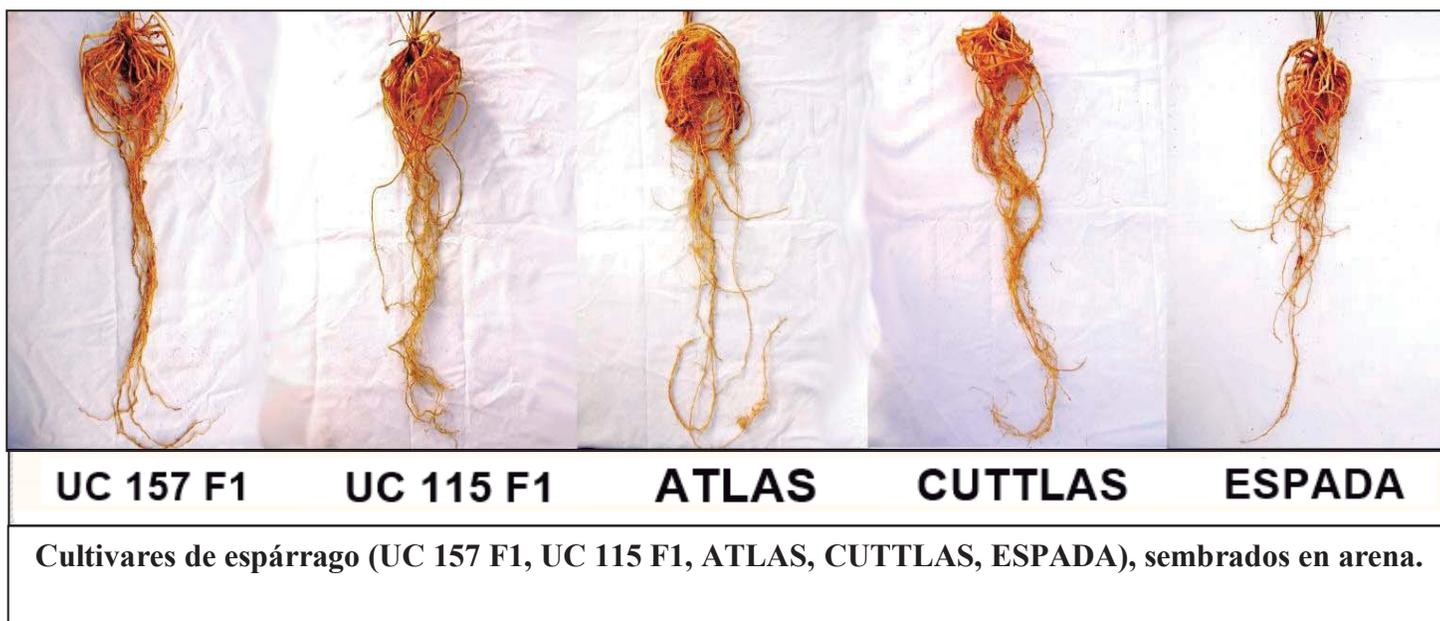


Figura 15: Composición de fotos en forma general de los Cultivares de espárrago sembrados en arena y en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum f. sp. asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

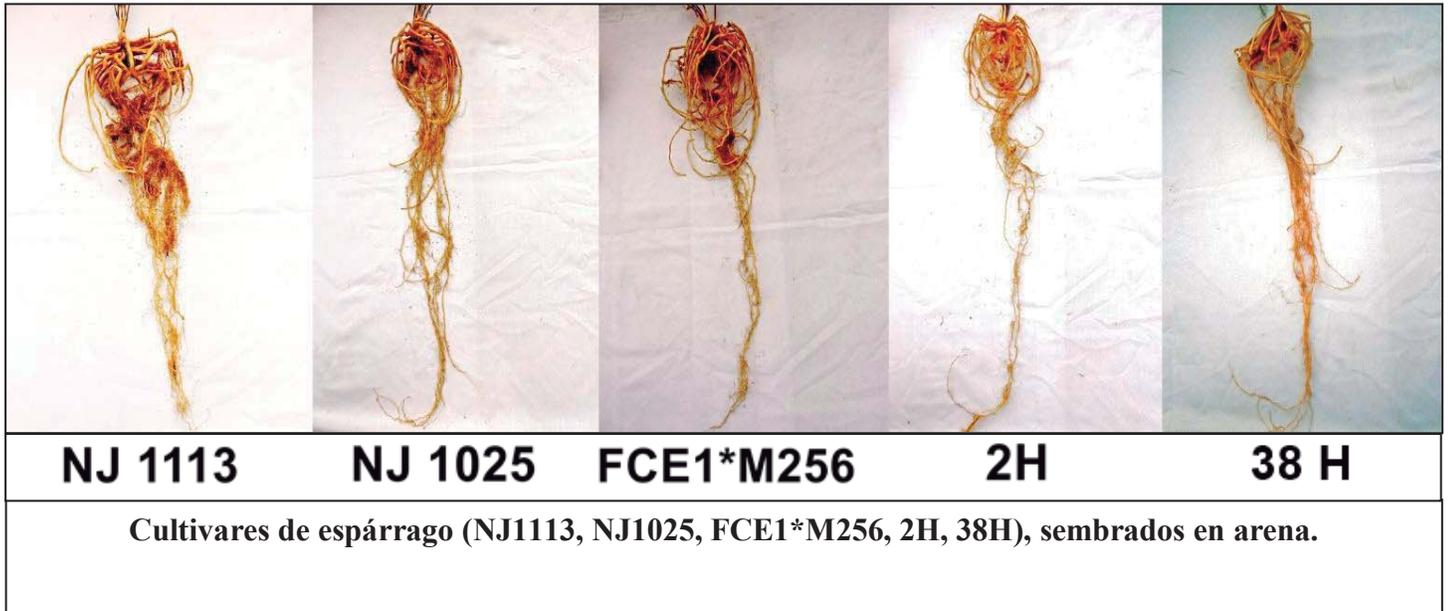


Figura 16: Composición de fotos en forma general de los Cultivares de espárrago sembrados en arena y en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum f. sp. asparagi* y *Meloidogyne incógnita*.

V. CONCLUSIONES

1. Se observó daño de *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita* en todos los cultivares.
2. Los cultivares ATLAS Y FCE1*M256 fueron los menos susceptibles al ataque de *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita* mediante la infestación natural por presentar menores valores en los parámetros evaluados en raíces.
3. Los cultivares más susceptibles a *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita* fueron UC 115 F1 y UC 157 F1 por presentar los mayores valores en los parámetros evaluados en raíces.
4. Los parámetros que mejor midieron la susceptibilidad a *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita* fueron el Daño en raíces principales y secundarias; Longitud de raíces; Tasa poblacional del nemátodo; Porcentaje de materia seca y la Relación comparativa de esta última.
5. El cultivar Atlas fue el que mostró menor índice de desarrollo poblacional del nemátodo *Meloidogyne incognita*.
6. Los cultivares UC 157 F1 Y CUTLAS fueron los que más incrementaron la población de *Meloidogyne incognita* bajo condiciones de este experimento.

VI. RECOMENDACIONES

1. Desarrollar futuros trabajos de investigación en los cultivares de espárrago ATLAS y FCE1*M256, los cuales presentaron cierto nivel de tolerancia a infestaciones naturales de *F. oxysporum* f. sp. *asparagi* y *M. incognita* de acuerdo a los parámetros evaluados, pero en condiciones de campo con infestaciones naturales de *F. oxysporum* f. sp. *asparagi* y *M. incognita*, determinando su comportamiento hasta cosecha.
2. Evaluar el efecto de poblaciones de *F. oxysporum* f.sp. *asparagi* y *M. incognita* en cultivares o cultivares de espárrago mediante infestaciones naturales con el conocimiento previo de la cantidad de inóculo en cada tratamiento.
3. Evaluar el efecto de tratamientos con nematicidas, sobre cultivares o cultivares de espárrago en suelo con infestaciones naturales de *F. oxysporum* f.sp. *asparagi* y *M. incognita*, sobre las poblaciones del nematodo y los daños de *F. oxysporum* f.sp. *asparagi* en raíces.
4. Realizar estudios que permitan establecer los niveles de resistencia, tolerancia y susceptibilidad de los cultivares o cultivares de espárrago frente a *F. oxysporum* f.sp. *asparagi* y *M. incognita*.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. Abawi, G.S., Bakker, K.P. 1984. Effects of cultivar, soil temperature and population levels of *Meloidogyne incognita* on root necrosis and *Fusarium* wilt of tomatoes. *Phytopathology*, 74: 433- 438
2. Abawi, G. S. & Mai W.F. 1987. Interactions among root-knot nematodes and *Fusarium* wilt fungi on host plants *Annual Review of Phytopathology*, 25: 317-338.
3. Agrios, G. 1996. *Fitopatología*. Ed. Limusa. México. pp 756
4. Apablaza, H. 1988. *Enfermedades del Espárrago*. Curso: Cultivo del Espárrago. Universidad Católica. Chile. Pp.155-172.
5. Atkinson, G.F. 1892. Some diseases of cotton. *Alabama Agricultural Experimental Station Bulletin*, 41: 61-65.
6. Arbelaez G. 2000. Algunos aspectos de los hongos del genero *Fusarium* y de la especie *Fusarium oxysporum*. *Agronomía Colombiana*. 17: 11-22. Colombia.
7. Asprelli, P. D.; López-Anido, F. S. y Cointry, E. L. 2005. Caracteres agronómicos en el cultivo de espárrago de diferentes edades y manejos. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 40(1):47-52.
8. Benages S. 1990. *El Espárrago*. Ediciones Mundiprensa. Madrid. 1º Edición. 224 p.
9. Benson, B. 2002. Second international cultivar trial. *Acta Hort*. 589, 159-166.
10. Benson, B. 1981. *Morfología y Fisiología del Espárrago*. Universidad de Chile. Departamento de Producción Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. Mimed. Chile.
11. Bergenson, G.B. 1972. Concepts of nematode-fungus association in plant diseases complexes: a review. *Experimental Parasitology*, 32: 301-304.
12. Bergeson, G. B., Van Gundy, S. D., & I. J. Thomaso. 1970. Effect of *Meloidogyne javanica* on rhizosphere microflora and *Fusarium* wilt of tomato. *Phytopathology* 60:1245-49
13. Blok, W.J., Bollen, G.J. 1996. Interactions of asparagus root tissue with soil microorganisms as a factor in early decline of asparagus. *Plant Pathology* 45:809-822.
14. Block, W. J., 1997. Early decline of Asparagus in the Netherlands: etiology, epidemiology and management. PhD Thesis Wageningen Agricultural University, Wageningen, the Netherlands – With references – With summary in English and Dutch – xiv + 178 pp.

15. Bosland, P. W. 1988. *Fusarium oxysporum* a pathogen of many plant species. Advances in plant pathology. 6: 281- 289.
16. Bowman, P. & J. R. Bloom. 1966. Breaking the resistance of tomato varieties to *Fusarium* wil by *Meloidogyne incognita*. Phytopathology 56:871 (Abstr.)
17. Canto-Saenz, M. 1996. Notas del curso de Nematología. Universidad Nacional Agraria La Molina.
18. Carbajal, F. 2012. La Exportación de Espárragos en el periodo 2005 – 2010, como contribución al Crecimiento de la Economía Peruana. Universidad Nacional del Callao. Facultad de Ciencias Contables. Lima Perú.
19. Castagnino, A., K. Díaz, M. Rosini, A. Falavigna, J. Marina y A. Guisolis. 2011. Productividad de ocho cultivares de espárrago en su quinto año desde la plantación en el centro de la provincia de Buenos Aires. En: XXXIV Congreso Argentino de Horticultura “El arte de integrar la producción y el consumo. Visión actual y futura”. Asociación Argentina de Horticultura (Asaho), Buenos Aires.
20. Castagnino, A., K. Díaz y M. Rosini. 2009. Manual de cultivos hortícolas innovadores. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires.
21. Cattivelo, C. 2002. L’asparago bianco. Bioagricultura 76, 33-34.
22. Cohen, S. 1946. A wilt and root rot of *Asparagus officinalis* L. var. altilis. Phytopathology 36:397, 1946.
23. Delgado de la flor, F.L., Rhoda Montauban y Hurtado F. 1987. Manual Del Cultivo De Espárrago. ICE. Lima- Perú. 130 pp.
24. Elmer, W.H. 2002. Influence of formononetin and NaCl on mycorrhizal colonization and *Fusarium* crown and root rot of asparagus. Plant Disease 86:1318-1324.
25. Elmer, W.H., Johnson, D.A. y Mink, G.I. 1996. Epidemiology and management of the diseases causal to asparagus decline. Plant Disease 80:117-125.
26. Elmer, W., and Stephens. C. 1989. Clasification of *Fusarium* f. sp. *asparagi* into vegetatively compatible groups. Phytopathology 79:88-93.
27. Espino Vargas, L.A. 2002. Reacción de quince cultivares de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill, a *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood y a *Fusarium oxysporum* Schelechtend: Fr. f. sp. *lycopersici* (Sacc.) W.C. Snyder & H.N. Hans en

- invernadero. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomía. Lima (Perú). 117 pp.
28. Falloon, P. y A. Nikoloff. 1986. Asparagus: value of individual plant yield and fern characteristics as selection criteria. *N. Z. J. Exp. Agric.* 14, 417-420.
 29. Franken, A. 1970. Sex characteristics and inheritance of sex in asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *Euphytica* 19, 277-287.
 30. Garcés E., Orozco M., Bautista G., Valencia H. 2001. *Fusarium oxysporum* - *El hongo que nos falta conocer*. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, Vol. 6 No. 1, 25 pp
 31. Gonsalves, A. and Ferreira, S. 1993. *Fusarium oxysporum*. Department of Plant Pathology, CTAHR. University of Hawaii at Manoa. 3pp
www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/tipe/f.oxys.htm).
 32. Gonzalez Benavente-garcia, Fernandez J.A., Bañon S. 1993. Cultivo de espárrago verde en invernadero. *Agroguías mundi prensa ediciones mundi prensa*. Madrid.
 33. González, M. 2001. Espárrago verde: variedad, distancias y profundidad de plantación. *Tierra Adentro* 39, 27-29.
 34. Grogan, R.G., Kimble, K.A. 1959. The association of *Fusarium* wilt with the asparagus decline and replant problem in California. *Phytopathology* 49:122-125.
 35. Guzmán G., Mielgo A., 2008. Buenas Prácticas en Producción Ecológica Asociaciones y Rotaciones. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO. Gobierno de España. España. 24 pp.
 36. Hartung, A.C., Stephens, C.T., Elmer, W.H. 1990. Survey of *Fusarium* populations in Michigan's asparagus fields. *Acta Horticulturae* 271:395-401.
 37. Hazelbrook, J.P., Garrison, S.A., Gianfagna, T. 1989. Allelopathic substances in asparagus roots: extraction, characterization, and biological activity. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 114:152- 158.
 38. Holdeman, Q. L & T. W. Grraham. 1953. The sting nematode breaks resistance to cotton wilt. (Abstr.) *Phytopathology* 43:475
 39. Holliday, R. 1960. Plant population and crop yield. *Nature* 186, 22-24.
 40. IPEH, 2014. VI Censo Nacional de Productores y Exportadores de Espárrago. Lima. Perú.

41. Jackson, C.R., Minton, N. A. 1968. Pod invasion by fungi in the presence of lesion nematodes in Georgia. *Oleaginoux*, 23: 531-534.
42. Jones, J. B., Jones, J. P., Stall, R.E., & T. A. Zittler. 1991. *Compendium of tomato Diseases*. APS Press. 73 pp.
43. Keulder, P. 1997. Asparagus decline and replant problema: a review of the current situation and approaches for future research pp. 265-275. In: *Proceedings IX International Asparagus Symposium*. July 15-17. Washington State University.
44. Knaflowski, M. 1996. Genealogy of asparagus cultivars. *Acta Hort*. 415, 87-91.
45. Krarup, A. y D. Mann. 1997. Elongación diaria y altura de apertura de la cabeza de los turiones de veintiocho genotipos de espárrago. *Agro Sur* 25, 16-23.
46. Lakhdar Lamari, 2002. *ASSESS - Image Analysis Software for Plant Disease. Quantification*. Department of Plant Science. University of Manitoba. Winnipeg, Canada. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota
47. Manning, W. and Vardaro, P. 1977. Soil fumigation and replant fungicide crown soaks: Effects on plant growth and Fusarium incidence in newly planted asparagus. *Plant Diseases* 69: 413 – 416.
48. Marcelis, L.F.M. 1996. Sink strength as a determinant of dry matter partitioning in the whole plants. *Journal of Experimental Botany* 47: 1281-1291.
49. Marley, P.S., Hillocks, R.J. 1996. Effect of Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) on *Fusarium* wilt in Pigeonpea (*Cajanus cajan*). *Field Crops Research*, 46: 15-20
50. Marina, J.A., A.M. Castagnino, P. Sastre V., K. Díaz y A.P. Guisolis. 2010. Alternativas para optimizar la productividad y asegurar una mejor calidad del espárrago (*Asparagus officinalis* var. *altilis* L.). *Rev. Colomb. Cienc. Hortíc.* 4(1), 55-66.
51. Marquina J.C; Plasencia A. 1990. *Fusarium oxysporum* en los cultivos intensivos del litoral mediterráneo de España. Fases parasitarias (Fusariosis vasculares del tomate y del clavel) y no parasitaria. *Boletín de Sanidad Vegetal. Fuera de serie n°19*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Secretaria General Técnica. Madrid. España.
52. Marquinez, X. y Corchuelo G. 1998. Metabolismo y asimilación de fotoasimilados en los cultivos. *Revista Comalfi*. Vol. XXV 1-3: 59-80.
53. Matsubara, Y., Harada, T., Yakuwa, T. 1995. Effect of inoculation density on vesicular arbuscular mycorrhizae fungal spores and addition of carbonized materials to bed soil on

- growth of Welsh onion seedlings. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 64:549 (in Japanese with English summary).
54. Montes, L. y Holle, O. 1978. El cultivo del espárrago en el Trópico. pp 46
55. Moon, D. 1976. Yield potencial of *Asparagus officinalis* L. N. Z. J. Exp. Agr. 4, 435-438.
56. Moreira M., Gonzalez W.; 2002. manejo agronómico y análisis económico del cultivo del espárrago para ediciones tropicales: una experiencia de diez años de investigación. 1° edición. San José, Costa Rica. editorial de la universidad de costa rica. 101 pp.
57. Neal, D. C. 1954. The reniform nematode and its relationship to the incidence of *Fusarium* wilt of cotton at Baton Rouge, LA. Phytopathology 44:447-450
58. Nelson, P.E. 1981. Life cycle and epidemiology of *Fusarium oxysporum*. En M.E. Mace, A.A. Bell and e.H. Beckman (eds.). Fungal wilt diseases of plants. Academic Press. New York. pp 51-80
59. Nelson, P., Toussoun, T. and Cook, R. 1981. *Fusarium* diseases, biology and taxonomy. The Pennsylvania State University Press. USA. 459 pp
60. Newhall, A. G. 1958. The incidence of Panama disease of banana in the presence of the root-knot and the burrowing nematodes (*Meloidogyne* and *Radopholus*). Plant Dis. Rep. 42: 853 – 856.
61. Nighth, J., C. Guerrero, and M. Stanguellini. 1995. Preceedings IX International Asparagus Symposium Jly 15-17 1997. Washington State University. 98 pp.
62. Pariona, D. 1995. Enfermedades en Hortalizas. INIA: 1995. Lima – Perú. pp 160
63. Pedersen, C.T., Safir, G.R., Siqueira, J.O., Parent, S. 1991. Effect of phenolic compounds on asparagus mycorrhiza. Soil Biology and Biochemistry 3:491-494.
64. Pizarro Aquino, B.N. 2002. Control químico de *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y reacción de 3 cultivares de espárrago (*Asparagus officinalis* L.). Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomía. Lima (Perú). 100 pp.
65. Roy, K.W., Lawrence, G.W., Hodges, H.H., McLean, K.S., Killbrew, J.F. 1989. Sudden death syndrome of soybean: *Fusarium solani* as incitant and relation of Heterodera glycines to disease severity. Phytopathology, 79: 191-197.
66. Sánchez, G., W. Apaza. 2000. Plagas y Enfermedades del Espárrago en el Perú. Lima – Perú. 140 pp.

67. Sasser J.N., Carter C.C. 1985. An advanced treatise on *Meloidogyne* spp. Vol. 1: Biology and Control. A cooperative publication of the department of plant pathology and the United States Agency for International Development. Printed by North Carolina State Univ. Graph. p.422.
68. Siddiqui, Z.A., Husain, S.I. 1992. Interaction between *Meloidogyne incognita* race 3, *Macrophomina phaseolina* and *Bradyrhizobium* sp. in the root-rot disease complex of chickpea, *Cicer arietinum*. *Fundamental and Applied Nematology*, 15: 491-494.
69. Sherf, A.F. and McNab, A.A. 1986. Vegetable diseases and their control. John Wiley & Sons. New York. EE.UU. 728 pp
70. Smith I.M., Dunez J., Phillips D.H., Lelliott R.A., 1992. Manual De Enfermedades De Las Plantas. Archer S.A. Ediciones Mundi Prensa. España. Madrid.
71. Starr, J.L., Jeger, M.J., Martyn, R.D., Schilling, K. 1989. Effects of *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum* f. sp. vasinfectum on plant mortality and yield of cotton. *Phytopathology*, 79: 640-646.
72. Stephens, F. 1990. Disease Control. In: Perspectives for the Peruvian Asparagus industry. January 14-23, 1994.
73. Taylor, A.L. and Sasser, J.N. 1978. Biological identification and control of root knot nematodes (*Meloidogyne* species). North Carolina State University and U.S. Agency for International Development, Raleigh. North Carolina, USA. 111p.
74. University of California. 1985. Integrate Pest Management for Tomatoes. Division of Agriculture and Natural Resources. 105 pp.
75. Vaccari, F., et al. 1997. Preliminary results of the Second International Asparagus cultivar trial in Ica, Perú pp 184 – 196. In: Proceedings IX International Asparagus Symposium. July 15-17. Washington State University.
76. Valadez, A. 1989. Produccion de Hortalizas. 1° Ed. Editorial Limusa. México. Pp185.
77. Yeasmin, R., Kalemelawa; F., Motoki, S., Matsumoto, H., Nakamatsu, K., Yamamoto, S., Nishihara, E. 2013. Root residue amendment on varietal allelopathy and autotoxicity of replanted asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *Experimental Agriculture and Horticulture* 2:31-44.
78. Zeck, W.M. 1971. A rating scheme for field evaluation of root-knot nematode infestations. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 24:141– 144.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Análisis de variancia para la variable longitud de raíces (mm) de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	1663403.898	184822.655	11.83	<.0001*
Error	90	1405521.052	15616.901		
Total correcto	99	3068924.950			
CV: 11.34					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 2: Prueba de medias (Tukey P= 0.05) para la variable longitud de raíces (mm) de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
FCE1*M256	1,391.36	a
ATLAS	1,260.95	b a
38H	1,120.87	b c
2H	1,115.79	b c
NJ1025	1,109.39	b c
NJ1113	1,070.76	c
ESPADA	1,035.75	c
CUTLAS	1,001.06	c
UC 157 F1	962.42	c
UC 115 F1	954.65	c

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 3: Análisis de variancia para la variable longitud de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	1217342.867	135260.319	9.56	<.0001*
Error	90	1273820.611	14153.562		
Total correcto	99	2491163.478			
CV: 8.33					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 4: Prueba de medias (Tukey P= 0.05) para la variable longitud de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
ATLAS	1,735.05	a
FCE1*M256	1,453.41	b
UC 157 F1	1,449.70	b
ESPADA	1,438.59	b
38H	1,394.47	b
2H	1,380.79	b
UC 115 F1	1,380.02	b
NJ1113	1,371.04	b
NJ1025	1,353.73	b
CUTLAS	1,319.33	b

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0$

ANEXO 5: Análisis de variancia para la variable porcentaje de daño en raíces principales de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	2393.160000	265.906667	6.35	<.0001*
Error	90	3766.600000	41.851111		
Total correcto	99	6159.760000			
CV : 17.81					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 6: Prueba de medias (Tukey P=0.05) para la variable porcentaje de daño en raíces principales de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
UC 115 F1	43.50	a
UC 157 F1	41.50	b a
CUTLAS	41.00	b a
ESPADA	40.50	b a
NJ1025	35.00	b a c
NJ1113	35.00	b a c
2H	34.50	b a c
38H	34.00	b c
ATLAS	30.70	c
FCE1*M256	27.50	c

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 7: Análisis de variancia para la variable escala de daño en raíces principales de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	1.76000000	0.19555556	2.84	0.0055*
Error	90	6.20000000	0.06888889		
Total correcto	99	7.96000000			
CV : 8.81					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 8: Prueba de medias (Tukey P=0.05) para la variable escala de daño en raíces secundarias de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
FCE1*M256	3.10	a
2H	3.10	a
UC 115 F1	3.00	a
NJ1025	3.00	a
CUTLAS	3.00	a
ESPADA	3.00	a
NJ1113	3.00	a
38H	3.00	a
UC 157 F1	3.00	a
ATLAS	2.60	b

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 9: Análisis de variancia para la variable porcentaje de daño en raíces secundarias de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	1689.000000	187.666667	6.26	<.0001*
Error	90	2700.000000	30.000000		
Total correcto	99	4389.000000			
CV : 19.49					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 10: Prueba de medias (Tukey P= 0.05) para la variable porcentaje de daño en raíces secundarias de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
UC 115 F1	35.00	a
UC 157 F1	34.50	a
CUTLAS	31.50	b a
ESPADA	29.00	b a c
NJ1113	27.50	b a c
38H	26.00	b c
2H	26.00	b c
NJ1025	25.50	b c
FCE1*M256	23.00	c
ATLAS	23.00	c

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 11: Análisis de variancia para la variable escala de daño en raíces secundarias de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	3.96000000	0.44000000	3.00	0.0036*
Error	90	13.20000000	0.14666667		
Total correcto	99	17.16000000			
CV: 13.78					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 12: Prueba de medias (Tukey P= 0.05) para la variable escala de daño en raíces secundarias de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
UC 157 F1	3.00	a
2H	3.00	a
UC 115 F1	3.00	a
CUTLAS	3.00	a
ESPADA	2.80	a
NJ1025	2.70	a
NJ1113	2.70	a
ATLAS	2.60	a
FCE1*M256	2.50	a
38H	2.50	a

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 13: Análisis de variancia para la variable número de lesiones de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	558.0000000	62.0000000	16.08	<.0001*
Error	90	347.0000000	3.8555556		
Total correcto	99	905.0000000			
CV : 16.23					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 14: Prueba de medias (Tukey P= 0.05) para la variable número de lesiones de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
UC 115 F1	16.50	a
UC 157 F1	15.30	b a
ESPADA	13.10	b c
NJ1113	12.10	c
NJ1025	11.80	c
CUTLAS	11.80	c
2H	11.70	c
38H	11.50	c
FCE1*M256	8.60	d
ATLAS	8.60	d

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 15: Análisis de Variancia para la variable Pérdida de masa radicular de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	5.09000000	0.56555556	1.91	0.0609 ns
Error	90	26.70000000	0.29666667		
Total correcto	99	31.79000000			
CV : 6.49					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 16: Prueba de medias (Tukey P= 0.05) para la variable Pérdida de masa radicular de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
NJ1025	8.80	a
CUTLAS	8.60	a
UC 157 F1	8.50	a
2H	8.50	a
ESPADA	8.50	a
UC 115 F1	8.40	a
ATLAS	8.30	a
NJ1113	8.10	a
FCE1*M256	8.10	a
38H	8.10	a

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 17: Análisis de variancia para la variable Índice de daño de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	4.96344400	0.55149378	3.93	0.0003*
Error	90	12.62598000	0.14028867		
Total correcto	99	17.58942400			
CV: 5.64					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 18: Prueba medias (Tukey P=0.05) para la variable Índice de daño de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
2H	6.90	a
CUTLAS	6.87	a
UC 157 F1	6.84	a
UC 115 F1	6.80	a
NJ1025	6.73	b a
ESPADA	6.70	b a
NJ1113	6.50	b a
FCE1*M256	6.43	b a
38H	6.37	b a
ATLAS	6.23	b

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 19: Análisis de variancia para la variable Peso fresco de tallo, de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	320.0975280	35.5663920	17.92	<.0001*
Error	40	79.3914800	1.9847870		
Total correcto	49	399.4890080			
CV: 21.40					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 20: Prueba de medias (Tukey P= 0.05) para la variable Peso fresco de tallo, de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
ATLAS	10.27	a
2H	8.98	a
NJ1025	8.00	b a
NJ1113	7.95	b a
ESPADA	7.92	b a
FCE1*M256	7.37	b a c
CUTLAS	5.89	b c
38H	4.50	d c
UC 157 F1	2.54	d
UC 115 F1	2.43	d

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 21: Análisis de variancia para la variable Peso fresco de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	1452.589712	161.398857	24.11	<.0001*
Error	40	267.738880	6.693472		
Total correcto	49	1720.328592			
CV: 11.06					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 22: Prueba de medias (Tukey P= 0.05) para la variable Peso fresco de raíces, de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
ATLAS	35.28	A
CUTLAS	26.10	b
FCE1*M256	25.09	b
NJ1025	24.53	b
38H	23.53	b
ESPADA	23.34	b
2H	23.01	b
UC 115 F1	22.70	b
NJ1113	16.52	b
UC 157 F1	13.91	c

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 23: Análisis de variancia para la variable Peso seco de tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	92.7943680	10.3104853	49.45	<.0001*
Error	40	8.3400000	0.2085000		
Total correcto	49	101.1343680			
CV: 17.37					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 24: Prueba de medias (Tukey P= 0.05) para la variable Peso seco de tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
ATLAS	5.16	a
FCE1*M256	4.77	a
2H	3.24	b
ESPADA	2.73	c b
NJ1025	2.54	c b d
NJ1113	2.37	c b d
38H	1.97	c e d
CUTLAS	1.58	f e d
UC 157 F1	1.06	f e
UC 115 F1	0.86	f

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 25: Análisis de variancia para la variable Peso seco de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	1024.887808	113.876423	43.99	<.0001*
Error	40	103.542480	2.588562		
Total correcto	49	1128.430288			
CV : 13.94					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 26: Prueba de medias (Tukey P= 0.05) para la variable Peso seco de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
ATLAS	20.22	a
FCE1*M256	17.15	a
CUTLAS	14.04	b
38H	12.38	b
2H	11.74	c b
NJ1025	11.00	c b
ESPADA	8.80	c d
NJ1113	6.74	d
UC 157 F1	6.52	d
UC 115 F1	6.23	d

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 27: Análisis de variancia para la variable porcentaje de materia seca del tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	5841.361608	649.040179	234.43	<.0001*
Error	40	110.745480	2.768637		
Total correcto	49	5952.107088			
CV: 4.21					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 28: Prueba de medias (Tukey P= 0.05) para la variable porcentaje de materia seca del tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
FCE1*M256	64.93	a
ATLAS	50.21	b
38H	44.43	c
UC 157 F1	41.97	c
2H	36.19	d
ESPADA	34.66	e d
UC 115 F1	34.05	e d
NJ1025	31.84	e f
NJ1113	29.82	g f
CUTLAS	26.86	g

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 29: Análisis de variancia para la variable porcentaje de materia seca de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	6847.536442	760.837382	87.61	<.0001*
Error	40	347.373400	8.684335		
Total correcto	49	7194.909842			
CV: 6.35					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 30: Prueba de medias (Tukey P=0.05) para la variable porcentaje de materia seca de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
FCE1*M256	70.74	a
ATLAS	57.26	b
38H	52.81	c b
2H	50.94	c d
UC 157 F1	46.79	c d e
NJ1025	44.85	d e
NJ1113	40.73	fe
ESPADA	37.42	f
CUTLAS	35.39	f
UC 115 F1	27.41	g

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 31: Análisis de variancia para la variable peso fresco tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	456.5025120	50.7225013	58.58	<.0001*
Error	40	34.6339600	0.8658490		
Total correcto	49	491.1364720			
CV: 6.66					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 32: Prueba de medias (Tukey P=0.05) para la variable peso fresco de tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
CUTLAS	18.91	a
NJ1025	17.01	b a
NJ1113	16.16	b c
38H	15.52	b c
ESPADA	14.80	c
UC 115 F1	14.78	c
2H	12.15	d
ATLAS	11.31	e d
FCE1*M256	9.68	e
UC 157 F1	9.47	e

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 33: Análisis de variancia para la variable peso fresco raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	4960.533720	551.170413	139.05	<.0001*
Error	40	158.551880	3.963797		
Total correcto	49	5119.085600			
CV: 4.26					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 34: Prueba de medias (Tukey P=0.05) para la variable peso fresco raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
UC 115 F1	68.39	a
ATLAS	61.25	b
CUTLAS	49.70	c
ESPADA	48.72	c
NJ1025	42.55	d
NJ1113	40.92	d
2H	40.84	d
38H	40.19	e d
FCE1*M256	39.01	e d
UC 157 F1	36.19	e d

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 35: Análisis de variancia para la variable peso seco de tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	80.74632800	8.97181422	29.68	<.0001*
Error	40	12.09328000	0.30233200		
Total correcto	49	92.83960800			
CV: 7.05					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 36: Prueba de medias (Tukey P= 0.05) para la variable peso seco de tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
38H	10.75	a
UC 115 F1	8.49	b
NJ1025	8.43	b
ESPADA	7.99	c b
FCE1*M256	7.98	c b
CUTLAS	7.93	c b
ATLAS	7.21	c d
2H	6.87	c d e
UC 157 F1	6.39	d e
NJ1113	6.00	e

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 37: Análisis de variancia para la variable peso seco raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	1475.107592	163.900844	24.94	<.0001*
Error	40	262.885800	6.572145		
Total correcto	49	1737.993392			
CV: 7.97					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 38: Prueba de medias (Tukey P= 0.05) para la variable peso seco raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
ATLAS	43.98	a
UC 115 F1	41.12	a
FCE1*M256	32.28	b
38H	30.39	c b
ESPADA	30.11	c b
UC 157 F1	29.85	c b
2H	29.56	c b
CUTLAS	29.25	c b
NJ1025	28.75	c b
NJ1113	26.20	c

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 39: Análisis de Variancia para la variable porcentaje de materia seca del tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	6691.176552	743.464061	88.58	<.0001*
Error	40	335.739840	8.393496		
Total correcto	49	7026.916392			
CV: 4.92					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 40: Prueba de medias (Tukey P=0.05) para la variable porcentaje de materia seca del tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
FCE1*M256	82.63	a
38H	69.19	b
UC 157 F1	67.81	b
ATLAS	63.97	b
UC 115 F1	57.43	c
2H	56.44	c
ESPADA	53.96	d c
NJ1025	49.54	d e
NJ1113	46.40	f e
CUTLAS	41.94	f

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 41: Análisis de Variancia para la variable porcentaje de materia seca de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	3585.841682	398.426854	33.12	<.0001*
Error	40	481.145480	12.028637		
Total correcto	49	4066.987162			
CV: 4.97					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 42: Prueba de medias (Tukey P=0.05) para la variable porcentaje de materia seca de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en arena. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
UC 157 F1	83.46	a
FCE1*M256	82.81	b a
38H	75.53	b c
2H	72.37	d c
ATLAS	71.90	d c
NJ1025	67.56	d e
NJ1113	64.02	f e
ESPADA	61.85	f e
UC 115 F1	60.06	F
CUTLAS	58.80	f

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 43: Análisis de Variancia para la variable porcentaje de materia seca de tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	5841.361608	649.040179	234.43	<.0001*
Error	40	110.745480	2.768637		
Total correcto	49	5952.107088			
CV: 4.21					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 44: Prueba de medias (Tukey P=0.05) para la variable comparativo de porcentajes de materia seca de tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
FCE1*M256	64.93	a
ATLAS	50.21	b
38H	44.43	c
UC 157 F1	41.97	c
2H	36.19	d
ESPADA	34.66	e d
UC 115 F1	34.05	e d
NJ1025	31.84	e f
NJ1113	29.82	g f
CUTLAS	26.86	g

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 45: Análisis de Variancia para la variable porcentaje de materia seca de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	6847.536442	760.837382	87.61	<.0001*
Error	40	347.373400	8.684335		
Total correcto	49	7194.909842			
CV : 6.35					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 46: Prueba de medias (Tukey P=0.05) para la variable comparativo de porcentajes de materia seca de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
FCE1*M256	70.74	a
ATLAS	57.26	b
38H	52.81	c b
2H	50.94	c d
UC 157 F1	46.79	c d e
NJ1025	44.85	d e
NJ1113	40.73	f e
ESPADA	37.42	f
CUTLAS	35.39	f
UC 115 F1	27.41	g

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 47: Análisis de Variancia para la variable relación comparativa de porcentajes de materia seca de tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en arena y en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	2016.378362	224.042040	20.51	<.0001*
Error	40	436.853080	10.921327		
Total correcto	49	2453.231442			
CV: 4.98					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 48: Prueba de medias (Tukey P=0.05) para la variable relación comparativo de porcentajes de materia seca de tallo de los Cultivares de espárrago sembrados en arena y en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
FCE1*M256	78.77	a
ATLAS	78.70	a
38H	64.31	b
NJ1025	64.28	b
2H	64.28	b
NJ1113	64.27	b
ESPADA	64.25	b
CUTLAS	64.07	b
UC 157 F1	62.00	b
UC 115 F1	59.23	b

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 49: Análisis de Variancia para la variable relación comparativa de porcentajes de materia seca de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en arena y en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	5975.896832	663.988537	38.16	<.0001*
Error	40	696.069000	17.401725		
Total correcto	49	6671.965832			
CV: 6.34					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 50: Prueba de medias (Tukey P=0.05) para la variable relación comparativa de porcentajes de materia seca de raíces de los Cultivares de espárrago sembrados en arena y en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
FCE1*M256	85.51	a
ATLAS	79.99	a
2H	70.41	b
38H	70.09	b
NJ1025	66.39	c b
NJ1113	63.62	c b d
ESPADA	60.55	c d
CUTLAS	60.16	c d
UC 157 F1	56.09	d
UC 115 F1	45.63	e

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 51: Análisis de Variancia para la variable Tasa poblacional de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	1.51268200	0.16807578	20.56	<.0001*
Error	40	0.32700000	0.00817500		
Total correcto	49	1.83968200			
CV: 21.00					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 52: Prueba de media (Tukey P=0.05) para la variable Tasa poblacional de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
UC 157 F1	0.76	a
CUTLAS	0.62	b a
NJ1025	0.58	b a c
FCE1*M256	0.46	b d c
2H	0.46	b d c
ESPADA	0.40	d c
NJ1113	0.32	e d
38H	0.28	e d
UC 115 F1	0.28	e d
ATLAS	0.16	e

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 53: Análisis de Variancia para la variable Escala Zeck de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	1.62000000	0.18000000	6.00	<.0001*
Error	40	1.20000000	0.03000000		
Total correcto	49	2.82000000			
CV : 5.89					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 54: Prueba de medias (Tukey P=0.05) para la variable Escala Zeck de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
UC 157 F1	3.00	a
CUTLAS	3.00	a
NJ1025	3.00	a
FCE1*M256	3.00	a
2H	3.00	a
ESPADA	3.00	a
NJ1113	3.00	a
38H	3.00	a
UC 115 F1	3.00	a
ATLAS	2.40	b

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 55: Análisis de Variancia para la variable tasa poblacional de los plantines de tomate var. Rio Grande sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	22.50596000	2.50066222	25.10	<.0001*
Error	40	3.98484000	0.09962100		
Total correcto	49	26.49080000			
CV: 16.15					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 56: Prueba de medias (Tukey P=0.05) para la variable tasa poblacional de los plantines de tomate var. Rio Grande sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
FCE1*M256	3.45	a
NJ1113	3.00	a
CUTLAS	1.94	b
UC 157 F1	1.92	b
ESPADA	1.77	b
NJ1025	1.64	b
2H	1.59	b
38H	1.50	b
UC 115 F1	1.43	b
ATLAS	1.31	b

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 57: Análisis de Variancia para la variable Escala Zeck de los plantines de tomate var. Rio Grande sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	9	6.88000000	0.76444444	7.64	<.0001*
Error	40	4.00000000	0.10000000		
Total correcto	49	10.88000000			
CV: 5.94					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 58: Prueba de medias (Tukey P=0.05) para la variable Escala Zeck de los plantines de tomate var. Rio Grande sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Tratamiento	Promedio	Significancia
NJ1113	6.00	a
FCE1*M256	5.80	b a
CUTLAS	5.60	b a c
UC 157 F1	5.00	c
ESPADA	5.20	b c
NJ1025	5.60	b a c
2H	5.00	c
38H	5.00	c
UC 115 F1	5.00	c
ATLAS	5.00	c

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 59: Características químicas del agua empleada en el riego de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Variables	Valores
pH	7.4
C.E (dS/m)	1.04
SAR	1.24
Boro (ppm)	0.3
Sodio (%)	23.33
Clasificación de agua	C ₃ S ₁
Nitratos (meq/L)	0.8
carbonatos (meq/L)	0
Bicarbonatos (meq/L)	3.24
Sulfatos (meq/L)	3.48
Cloruros (meq/L)	2.7
Cationes (+)	6.94
Ca ²⁺ (meq/L)	1.26
Mg ²⁺ (meq/L)	0.11
K ⁺ (meq/L)	2.53
Na ⁺ (meq/L)	0.11

Fuente: laboratorio de Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes (LASPAF) Universidad Nacional Agraria La Molina.

ANEXO 60: Datos meteorológicos presentados durante la ejecución del experimento de los Cultivares de espárrago sembrados en suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.

Año	Mes	T° Min	T° Máx	Humedad (%)
2014	Jun-14	18	24.4	80
2014	Jul-14	15.5	21.7	84.3
2014	Ago-14	14.3	23	83.2
2014	Set-14	14.7	26.3	84.1
2014	Oct-14	16.4	25.5	80.3
2014	Nov-14	17.4	25.6	78.4
2014	Dic-14	18.5	28.2	76.4
2015	Ene-15	21.1	30.7	74.1
2015	Feb-15	21.8	32.5	70.4
2015	Mar-15	22.5	32.4	71.7
2015	Abr-15	19.8	30.1	75.2
2015	May-15	18.9	29.2	77.5
2015	Jun-15	18.5	27.2	78.1
2015	Jul-15	17.4	26.2	80.4
2015	Ago-15	15.6	25.6	81.2

Fuente: Registros del Observatorio Meteorológico Alexander Von Humboldt de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

ANEXO 61: Análisis nematológico inicial del suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*. La Molina, 2015.



**JUNTA DE USUARIOS DE RIEGO PRESURIZADO
DEL DISTRITO DE RIEGO NOCHE VIRU CHAO**

**LABORATORIO DE NEMATOLOGIA
Reporte de Análisis**

I. - DATOS DE LA MUESTRA

Empresa : AGUALIMA SAC..
Muestra : Suelo.
Cultivo : Esparrago.
Fecha de recepción : 07 de Noviembre 2013.
Fecha de Muestreo : 07 de Noviembre 2013.

II. - RESULTADOS

METODO EMPLEADO: Método de La Bandeja (extraccion Del suelo)
Método Licuado – Tamizado (Extracción de Raíces).

Datos		Examen de Suelo	
Turno	Lote	Rct. Nematodos/ 100 gr. Suelo	Especies.
7	A - 1	68	<i>Meloidogyne sp.</i>
		15	<i>Hemicycliphora sp</i>
		8	<i>Trichodorus sp.</i>
		8	<i>Tylenchulus sp.</i>
		8	<i>Rabditidos.</i>
7	A - 2	23	<i>Meloidogyne sp.</i>
		8	<i>Dorylaimidos.</i>
7	B - 1	143	<i>Hemicycliphora sp</i>
		15	<i>Meloidogyne sp.</i>
		8	<i>Tylenchus sp.</i>
		45	<i>Rabditidos.</i>
7	B - 2	180	<i>Meloidogyne sp.</i>
		15	<i>Hemicycliphora sp</i>
		30	<i>Rabditidos.</i>
7	C - 1	30	<i>Hemicycliphora sp</i>
		15	<i>Trichodorus sp.</i>
		15	<i>Dorylaimidos.</i>
		30	<i>Rabditidos.</i>
7	C - 2	53	<i>Hemicycliphora sp</i>
		38	<i>Meloidogyne sp.</i>
		15	<i>Tylenchulus sp.</i>
		15	<i>Dorylaimidos.</i>
		38	<i>Rabditidos.</i>

Panamericana Norte Km 522.5 California-Virú Telefax: 044-525397
 E-mail: laboratorios@antch.org.pe

ANEXO 62: Análisis nematológico – Poblaciones finales; del suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*.

TRATAMIENTO	REP.	Pf Esparrago (100g de suelo)	Pf tomate var. Rio Grande (100g de suelo)
T1	R1	40	140
T1	R2	40	90
T1	R3	10	100
T1	R4	20	100
T1	R5	50	105
T1	R6	10	105
T1	R7	50	90
T1	R8	60	140
T1	R9	50	139
T1	R10	10	128
T2	R1	10	95
T2	R2	10	90
T2	R3	20	90
T2	R4	10	104
T2	R5	20	92
T2	R6	16	92
T2	R7	20	90
T2	R8	25	96
T2	R9	14	100
T2	R10	10	90
T3	R1	10	87
T3	R2	40	85
T3	R3	10	85
T3	R4	30	88
T3	R5	50	84
T3	R6	60	85
T3	R7	20	90
T3	R8	40	87

T3	R9	10	90
T3	R10	10	90
T4	R1	50	146
T4	R2	60	109
T4	R3	40	106
T4	R4	40	105
T4	R5	10	100
T4	R6	20	120
T4	R7	10	85
T4	R8	10	100
T4	R9	50	130
T4	R10	20	290
T5	R1	10	130
T5	R2	20	110
T5	R3	30	120
T5	R4	15	115
T5	R5	20	100
T5	R6	40	105
T5	R7	10	110
T5	R8	20	106
T5	R9	18	103
T5	R10	10	120
T6	R1	22	120
T6	R2	12	260
T6	R3	11	180
T6	R4	16	150
T6	R5	40	100
T6	R6	16	109
T6	R7	40	115
T6	R8	11	250
T6	R9	13	100
T6	R10	15	160
T7	R1	47	120
T7	R2	40	100
T7	R3	13	180
T7	R4	16	114
T7	R5	50	100
T7	R6	25	100

T7	R7	17	90
T7	R8	18	110
T7	R9	14	90
T7	R10	21	100
T8	R1	43	90
T8	R2	26	80
T8	R3	13	250
T8	R4	15	100
T8	R5	36	230
T8	R6	18	100
T8	R7	19	80
T8	R8	29	90
T8	R9	14	290
T8	R10	23	140
T9	R1	31	180
T9	R2	19	90
T9	R3	12	130
T9	R4	18	90
T9	R5	28	100
T9	R6	31	80
T9	R7	16	65
T9	R8	12	80
T9	R9	18	100
T9	R10	40	85
T10	R1	16	80
T10	R2	32	105
T10	R3	16	80
T10	R4	10	90
T10	R5	6	95
T10	R6	10	80
T10	R7	5	95
T10	R8	15	85
T10	R9	28	100
T10	R10	16	130

ANEXO 63: Análisis Fitopatológico del suelo, de la Irrigación Chavimochic, naturalmente infestado con *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* y *Meloidogyne incognita*.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Clínica de Diagnóstico de Fitopatología y Nematología
Av. La Universidad s/n - La Molina Apdo. 056 L-12
Telefax: 349-6631 rpm # 9470-14023
e-mail: clinica@lamolina.edu.pe



La Molina, 16 de marzo de 2016
FI-AF 086-2016 WAT 010
JFT 080

Srta.
ANGELA TALLEDO
Lima
Presente -

De nuestra consideración:

El resultado del análisis fitopatológico una muestra de suelo de campos de espárrago, para la detección de *Fusarium oxysporum*, procedente de Chavimochic; La Libertad, es el siguiente:

- METODO.**
Siembra de diluciones de suelo en el medio de cultivo PDAA). La temperatura de incubación fue de 24° C por 5 días
- RESULTADO.**

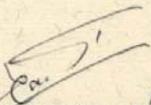
HONGO	UFC*/gr suelo
<i>Fusarium oxysporum</i>	1.5 x 10 ²

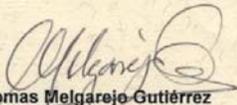
*UFC=unidad formadora de colonia

- DIAGNOSTICO**
En la muestra de campos suelo de espárrago se encontró la concentración de 1.5 x10² de ufc por gramo de suelo de *Fusarium oxysporum*.

Nos despedimos de ustedes recordándoles que la Clínica de Diagnóstico está a su disposición para cualquier consulta.

Atentamente,


Mg. Sc. Walter Apaza Tapia
ESPECIALISTA
CLINICA DE DIAGNOSIS


Ph.D. Tomas Melgarejo Gutiérrez
COORDINADOR
CLINICA DE DIAGNOSIS

WAT/hmg
c.c. Archivo

