

## ÍNDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>I.1. EL CULTIVO DE CUCURBITÁCEAS: ORIGEN, USOS, NECESIDADES E IMPORTANCIA</b>	<b>1</b>
I.1.1. Origen y usos	1
I.1.2. Condiciones de cultivo	2
I.1.3. Importancia del cultivo de cucurbitáceas	3
<b>I.2. ENFERMEDADES CAUSADAS POR HONGOS DE SUELO EN CUCURBITÁCEAS</b>	<b>6</b>
I.2.1 Enfermedades vasculares	6
I.2.2 Podredumbres de cuello	7
I.2.3 Podredumbres de raíz	8
<b>I.2.3.1. <i>Acremonium cucurbitacearum</i></b>	<b>9</b>
I.2.3.1.1. Taxonomía y descripción	9
I.2.3.1.2. Etiología y dispersión mundial	10
I.2.3.1.3. Biología y genética	11
I.2.3.1.4. Hospedantes y patogenicidad	11
I.2.3.1.5. Sintomatología y epidemiología	12
I.2.3.1.6. Control	14
<b>I.2.3.2. <i>Rhizopycnis vagum</i></b>	<b>14</b>
I.2.3.1.1. Taxonomía y descripción	14
I.2.3.1.2. Etiología, hospedantes y dispersión mundial	15
I.2.3.1.3. Sintomatología	15
I.2.3.1.4. Patogenicidad	16
<b>I.2.3.3. <i>Plectosphaerella cucumerina</i></b>	<b>16</b>
I.3.1.1. Taxonomía y descripción	16
I.3.1.2. Etiología, hospedantes y dispersión mundial	17

I.3.1.3. Sintomatología, biología y patogenicidad	18
<b>I.3. <i>Monosporascus cannonballus</i> PATÓGENO EN CUCURBITÁCEAS</b>	<b>19</b>
<b>I.3.1. Taxonomía y descripción de <i>M. cannonballus</i></b>	<b>19</b>
<b>I.3.2. Etiología y dispersión mundial</b>	<b>23</b>
<b>I.3.3. Biología</b>	<b>27</b>
<b>I.3.4. Hospedantes</b>	<b>28</b>
<b>I.3.5. Sintomatología</b>	<b>29</b>
<b>I.3.6. Patogenicidad</b>	<b>33</b>
<b>I.3.7. Epidemiología</b>	<b>35</b>
<b>I.3.8. Control</b>	<b>40</b>
I.3.8.1. Control químico	40
I.3.8.2. Métodos culturales	42
I.3.8.3. Mejora genética	44
I.3.8.4. Control biológico	46
<b>II. OBJETIVOS</b>	<b>47</b>
<b>III. DINÁMICA POBLACIONAL DE LAS ASCOSPORAS DE <i>M. cannonballus</i> EN SUELOS DE MARJAL</b>	<b>49</b>
<b>III.1. Introducción</b>	<b>49</b>
<b>III.2. Materiales y Métodos</b>	<b>50</b>
III.2.1. Campos experimentales	50
III.2.2. Muestreo y procesado de suelo	51
III.2.3. Bioensayo de <i>M. cannonballus</i> a partir de muestras de suelo	59
III.2.4. Análisis de los datos	60
<b>III.3. Resultados</b>	<b>60</b>
III.3.1. Dinámica poblacional de las ascosporas de <i>M. cannonballus</i>	60
III.3.2. Bioensayo de <i>M. cannonballus</i> a partir de muestras de suelo	66

<b>III.4. Discusión</b>	<b>66</b>
<b>III.5. Conclusiones</b>	<b>73</b>
<b>IV. CUANTIFICACIÓN DE ASCOSPORAS DE <i>M. cannonballus</i> EN SUELOS DE CAMPOS DE MELÓN DE LA COMUNIDAD VALENCIANA</b>	<b>75</b>
<b>IV.1. Introducción</b>	<b>75</b>
<b>IV.2. Materiales y Métodos</b>	<b>76</b>
IV.2.1. Parcelas estudiadas y toma de muestras de suelo	76
IV.2.2. Toma de muestras de material vegetal	79
IV.2.3. Procesado de suelo	80
IV.2.4. Análisis de los datos	80
<b>IV.3. Resultados</b>	<b>81</b>
IV.3.1. Aislamiento de hongos	81
IV.3.2. Conteo de ascosporas	91
<b>IV.4. Discusión</b>	<b>94</b>
<b>IV.5. Conclusiones</b>	<b>100</b>
<b>V. ESTUDIO COMPARATIVO DE LA EPIDEMIOLOGÍA DE <i>M. cannonballus</i> EN CULTIVOS DE MELÓN, SANDÍA Y SANDÍA INJERTADA</b>	<b>103</b>
<b>V.1. Introducción</b>	<b>103</b>
<b>V.2. Materiales y métodos</b>	<b>104</b>
V.2.1. Descripción de los campos y diseño experimental	104
V.2.2. Toma de muestras de suelo	106
V.2.3. Extracción y conteo de ascosporas	108
V.2.4. Toma de muestras de material vegetal	108
V.2.5. Evaluación de la presencia de peritecios	109
V.2.6. Aislamiento de hongos del material vegetal	109
V.2.7. Evaluación de la progresión de la enfermedad	110
V.2.8. Seguimiento de la temperatura del suelo	110

V.2.9. Evaluación de la producción	111
V.2.10. Análisis estadístico	111
<b>V.3. Resultados</b>	<b>112</b>
V.3.1. Evaluación de la progresión de la enfermedad	112
V.3.2. Conteos de ascosporas	114
V.3.3. Evaluación de la presencia de peritecios	123
V.3.4. Aislamiento de hongos	123
V.3.5. Seguimiento de la temperatura del suelo	132
V.3.6. Evaluación de la producción	132
<b>V.4. Discusión</b>	<b>134</b>
<b>V.5. Conclusiones</b>	<b>145</b>
<b>VI. PATOGENICIDAD A MELÓN DE HONGOS DEL SUELO ASOCIADOS AL “COLAPSO”</b>	<b>147</b>
<b>VI.1. Introducción</b>	<b>147</b>
<b>VI.2. Materiales y métodos</b>	<b>148</b>
VI.2.1. Aislados fúngicos utilizados	148
VI.2.2. Preparación del inóculo	149
VI.2.3. Sustrato	149
VI.2.4. Preparación e inoculación de macetas	150
VI.2.5. Parámetros evaluados	152
VI.2.6. Análisis estadístico	154
<b>VI.3. Resultados</b>	<b>154</b>
VI.3.1. Peso fresco de la parte aérea	154
VI.3.2. Evaluación de daños en raíces	158
VI.3.3. Reaislamiento de hongos	163
<b>VI.4. Discusión</b>	<b>167</b>

<b>VI.5. Conclusiones</b>	<b>174</b>
<b>VII. PERSPECTIVA GLOBAL DE LOS TRABAJOS ABORDADOS</b>	<b>175</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>179</b>
<b>IX. ANEXOS</b>	<b>205</b>

## **ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS**

µm: Micra

a.C.: Antes de Cristo

ags: Ascosporas por gramo de suelo

ANOVA: Análisis de la varianza

cm: Centímetro

cv.: Cultivar

*et al.:* *et alia* (y otros)

DNA: ácido desoxirribonucleico

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

*F.o.:* *Fusarium oxysporum*

f.sp.: Forma especial

g: Gramo

ha: Hectárea

HEC: Hidroxi-etil celulosa

IDR: Índice de daños en raíces

kg: Kilogramo

M: melón

m: Metro

MAPA: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

MEA: Medio nutritivo extracto de malta agar (malt extract agar)

mg: Miligramo

ml: Mililitro

mm: Milímetro

nº: Número

OA: Medio nutritivo avena agar (oak agar)

°C: Grados centígrados

PCA: Medio nutritivo patata zanahoria agar (potato carrot agar)

PDA: Medio nutritivo patata dextrosa agar (potato dextrose agar)

PDAS: Medio nutritivo patata dextrosa agar con estreptomicina (potato dextrose agar streptomycin)

RNA: ácido ribonucleico

r.p.m.: Revoluciones por minuto

S: sandía no injertada

SI: sandía injertada sobre *Cucurbita*

SNA: Medio nutritivo agar sintético bajo en nutrientes (synthetic nutrient-pure agar)

spp.: Especies

T: tomate

tm: Tonelada

UFC/g: Unidades formadoras de colonias por gramo de suelo

var.: Variedad

VCGs: Grupos de compatibilidad vegetativa (vegetative compatibility group)

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura I.1:** Dibujo esquemático de *M. cannonballus*. Peritecios sobre raíces / **(a)** Peritecio sobresaliendo de la epidermis de la raíz / **(b)** Masa de ascosporas saliendo de un peritecio a través de un ostiolo / **(c)** Sección longitudinal de un peritecio mostrando las ascas sujetas a su pared interior / **(d)** Asca con ascospora inmadura / **(e)** Asca con una sola ascospora y asca con dos ascosporas / **(f)** ascospora esférica madura / **(g)** Parafisos / **(h)**. 21

**Figura I.2:** Dibujo esquemático de *M. ibericus*. Ascas con ascosporas maduras (en número superior a 1) / **(a)** Ascas con ascosporas inmaduras y parafisos / **(b)**. 22

**Figura I.3:** Diversos aspectos morfológicos y culturales de *M. cannonballus*. **(a)** Peritecio y ascosporas / **(b)** Ascosporas y parafisos / **(c, d y e)** Ascas y ascosporas / **(f)** Variabilidad cultural de *M. cannonballus* / **(g)** Colonia de tipo "salvaje" en placa de cultivo PDA / **(h)** Colonia de tipo "degenerada" en placa de cultivo PDA. 26

**Figura I.4:** Sintomatología de *M. cannonballus*. **(a)**. Síntomas de marchitez y "colapso" de parte aérea en melón / **(b)** Hojas de sandía con abarquillamiento / **(c)** Necrosis en raíz de sandía / **(d y e)** Necrosis en raíces de melón / **(f)** Peritecios en raíz de melón / **(g)** Peritecios en raíz de sandía. 31

**Figura I.5:** Sintomatología de *M. cannonballus*. / **(a y b)** Plantas de melón con síntomas de "colapso" / **(c)** Plantas de sandía con síntomas de "colapso" / **(d)** Plantas de pepino con síntomas de "colapso" / **(e y f)** Frutos de melón con planchado solar. 32

**Figura I.6:** Ciclo de *M. cannonballus* 37

**Figura III.1** Representación del área muestreada en cada uno de los campos 53



**Figura III.2:** Diferentes imágenes de los campos experimentales, en época de encharcamiento y durante el cultivo de melón. **(a):** Aspecto de la marjal de Almenara en época de cultivo de melón **(b y c):** época de encharcamiento invernal **(d).** parcela de melón con síntomas de "colapso" **(e y f).** momentos de la toma de muestras de suelo. 56

**Figura III.3.** Proceso de extracción de ascosporas de *M. cannonballus* del suelo (Stanghellini y Rasmussen, 1992). 57

**Figura III.4.** Aspecto de las ascosporas de *M. cannonballus* en placa Petri, bajo la lupa a diferentes aumentos. 58

**Figura III.5:** Dinámica de las ascosporas por gramo de suelo de *Monosporascus cannonballus* en los distintos campos en el periodo de estudio julio 1999-junio 2002. 61

**Figura III.6:** Comparación del número de ascosporas/g de suelo en las zonas de línea y entrelínea de cultivo en los campos A y B. Análisis efectuado con ANOVA usando el test de Tukey HSD ( $P = 0.05$ ) durante las épocas de cultivo de melón. 63

**Figura III.7:** Relación entre meses tras la plantación de melón y ascosporas/g de suelo en los campos A + B. 65

**Figura III.8:** Relación entre meses desde el inicio de muestreo del suelo y ascoporas/g de suelo en los campos C + D. 65

**Figura V.1.** Esquema de la parcela elemental en el Campo 1 (Almenara) y en el Campo 2 (Alborcía). B: Líneas borde, A: Línea de muestreo de material vegetal, M: Línea de toma de muestras de suelo. O: Zona de toma de muestras en la línea, ●: Zona de toma de muestras en la entrelínea, X: planta (Cada línea constaba de 30 plantas en el campo de Almenara, y de 15 en el de Alborcía). 107

**Figura V.2:** Curvas de incidencia de la enfermedad para los cultivos de melón y sandía no injertada durante los años 2003 (Campo 1) y 2004 (Campo 2). 113

**Figura V.3:** Campo 1: Media de la evolución de la población de ascosporas de *M. cannonballus* en el suelo de las cuatro parcelas elementales, respecto al tiempo, para cada cultivo, entre los muestreos 1º a 8º. 116

**Figura V.4:** Campo 2: Media de la evolución de la población de ascosporas de *M. cannonballus* en el suelo de las cuatro parcelas elementales, respecto al tiempo, para cada cultivo, entre los muestreos 1º a 8º. 117

**Figura V.5:** Media del porcentaje de aislamiento de hongos en los cultivos de melón, sandía no injertada y sandía injertada, en el Campo 1 (año 2003). 128

**Figura V.6:** Media del porcentaje de aislamiento de hongos en los cultivos de melón, sandía no injertada y sandía injertada, en el Campo 2 (año 2004). 129

**Figura VI.1:** Frascos de cristal para crecimiento de inóculo 150

**Figura VI.2:** Ensayo de inoculaciones conjuntas (año 2003). Aspecto de las plantas en invernadero a los 20 días de crecimiento. 151

**Figura VI.3:** Escala de daños utilizada en el ensayo de patogenicidad (Fuente: Bruton, comunicación personal). 153

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla I.1:</b> Datos de superficie cultivada y producción en el cultivo de melón en el mundo.	3
<b>Tabla I.2:</b> Datos de superficie cultivada y producción en el cultivo de sandía en el mundo.	4
<b>Tabla I.3:</b> Datos de superficie cultivada, producción y exportaciones de varias especies de cucurbitáceas en España.	5
<b>Tabla I.4:</b> Tabla comparativa de algunas características morfológicas de diferentes especies pertenecientes al género <i>Monosporascus</i> .	22
<b>Tabla I.5:</b> aislamiento de <i>M. cannonballus</i> y <i>A. cucurbitacearum</i> en España, de diferentes campos, durante los años 1987 a 1986.	25
<b>Tabla III.1:</b> Características físico-químicas de las parcelas.	51
<b>Tabla III.2:</b> Historial de cultivo y secuencia de encharcamiento y cultivo de melón en los campos A, B, C y D durante el periodo de tres años de estudio.	52
<b>Tabla III.3:</b> Datos de la regresión sobre la relación entre variables temporales (x) y ascosporas por gramo de suelo (y) en los campos A + B y C + D.	64
<b>Tabla III.4:</b> Aislamiento de <i>Monosporascus cannonballus</i> en el bioensayo llevado a cabo con muestras de suelo tomadas entre marzo y junio de 2002 en los campos A, B, C y D.	67
<b>Tabla IV.1:</b> Ubicación de los campos de melón muestreados y fechas de toma de muestras durante los años 2002 y 2003.	78

<b>Tabla IV.2:</b> Porcentajes de hongos aislados a partir de las plantas arrancadas del campo 1 (Almenara).	84
<b>Tabla IV.3:</b> Porcentajes de hongos aislados a partir de las plantas arrancadas del campo 2 (Almenara).	84
<b>Tabla IV.4:</b> Porcentajes de hongos aislados a partir de las plantas arrancadas del campo 3 (Xilxes).	85
<b>Tabla IV.5:</b> Porcentajes de hongos aislados a partir de las plantas arrancadas del campo 4 (Xilxes).	85
<b>Tabla IV.6:</b> Porcentajes de hongos aislados a partir de las plantas arrancadas del campo 5 (Meliana).	86
<b>Tabla IV.7:</b> Porcentajes de hongos aislados a partir de las plantas arrancadas del campo 6 (Meliana).	86
<b>Tabla IV.8:</b> Porcentajes de hongos aislados a partir de las plantas arrancadas del campo 7 (Puçol).	87
<b>Tabla IV.9:</b> Porcentajes de hongos aislados a partir de las plantas arrancadas del campo 8 (Puçol).	87
<b>Tabla IV.10:</b> Porcentajes de hongos aislados a partir de las plantas arrancadas del campo 9 (Alborcia).	88
<b>Tabla IV.11:</b> Porcentajes de hongos aislados a partir de las plantas arrancadas del campo 10 (Almenara).	88
<b>Tabla IV.12:</b> Porcentajes de hongos aislados a partir de las plantas arrancadas del campo 11 (La Llosa).	89
<b>Tabla IV.13:</b> Porcentajes de hongos aislados a partir de las plantas arrancadas del campo 12 (Meliana).	89

<b>Tabla IV.14:</b> Porcentajes de hongos aislados a partir de las plantas arrancadas del campo 13 (Puçol).	90
<b>Tabla IV.15:</b> Porcentajes de hongos aislados a partir de las plantas arrancadas del campo 14 (Xilxes).	90
<b>Tabla IV.16:</b> Media de la población de ascosporas de <i>Monosporascus cannonballus</i> en suelo de los campos de melón estudiados	92
<b>Tabla IV.17:</b> Media y error estándar de ascosporas/g de suelo para las distintas zonas (SL, SE, AL y AE) consideradas para cada campo, en el segundo muestreo	94
<b>Tabla IV.18:</b> Análisis de la varianza para los efectos de campo, síntoma (síntomas de "colapso"/asintomática) y posición en relación a la línea de cultivo (línea/entrelínea) en el número de ascosporas de <i>M. cannonballus</i> en el suelo de catorce campos de melón de la Comunidad Valenciana en el momento de aparición de síntomas de "colapso".	95
<b>Tabla V.1:</b> Fechas de plantación y finalización del cultivo, y de final del estudio para cada uno de los campos.	106
<b>Tabla V.2:</b> Fechas de muestreo y correspondencia con los días tras la plantación para los Campos 1 y 2	108
<b>Tabla V.3:</b> Datos del ajuste por regresión al modelo epidemiológico	114
<b>Tabla V.4:</b> Comparación de los valores medios de ascosporas/g de suelo entre las zonas de líneas y entrelíneas, para cada cultivo, por fecha de muestreo y año de estudio.	118
<b>Tabla V.5:</b> Porcentaje medio de incremento en la concentración de ascosporas en suelo entre la población inicial y la obtenida, dos meses después del final del cultivo.	122

<b>Tabla V.6:</b> Presencia o ausencia de peritecios de <i>M. cannonballus</i> en raíces de melón, sandía y patrón de <i>Cucurbita</i> (sandía injertada), en todos los muestreos efectuados en los Campos 1 y 2.	124
<b>Tabla V.7:</b> Media del porcentaje de aislamiento de hongos en raíces en los cultivos de melón, sandía y sandía injertada, durante el año 2003 (Campo 1).	126
<b>Tabla V.8:</b> Media del porcentaje de aislamiento de hongos en raíces en los cultivos de melón, sandía y sandía injertada, durante el año 2004 (Campo 2).	127
<b>Tabla V.9:</b> Resultados de producción de frutos en cada parcela elemental estudiada, y media total de cada parámetro, para el Campo 1 (2003).	133
<b>Tabla V.10:</b> Resultados de producción de frutos en cada parcela elemental estudiada, y media total de cada parámetro, para el Campo 2 (2004).	134
<b>Tabla VI.1:</b> Aislados utilizados en el estudio de patogenicidad.	149
<b>Tabla VI.2:</b> Media de peso fresco de la parte aérea (Año 2002).	155
<b>Tabla VI.3:</b> Media de peso fresco de la parte aérea (Año 2003).	156
<b>Tabla VI.4:</b> Análisis de la varianza para el efecto de los diferentes hongos inoculados en el peso fresco de la parte aérea de la plantas, en los ensayos realizados durante los años 2002 y 2003, en suelo autodavado y no autodavado.	159
<b>Tabla VI.5:</b> Índice de daños en raíces (Año 2002).	161
<b>Tabla VI.6:</b> Índice de daños en raíces (Año 2003).	162

**Tabla VI.7:** Análisis de la varianza para el efecto de los diferentes hongos inoculados en el índice de daños en raíces, en los ensayos realizados durante los años 2002 y 2003, en suelo autoclavado y no autoclavado. 164

**Tabla VI.8:** Reaislamiento de hongos para cada combinación y tipo de suelo. Ensayo de 2002. 165

**Tabla VI.9:** Reaislamiento de hongos para cada combinación y tipo de suelo. Ensayo de 2003. 166