



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA
INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA
INDUSTRIAS AGRARIAS Y ALIMENTARIAS

**EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN EN SUELO
ARENADO DE MATERIA ORGÁNICA, CON Y SIN
SOLARIZACIÓN SOBRE LA PRODUCCIÓN Y
CALIDAD DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*
cv. Amilda).**

ALUMNO:

ALBERTO VARGAS VARGAS

SEPTIEMBRE 2013

DIRECTORES:

DR. JULIO C. TELLO MARQUINA

D. JOSE IGNACIO MARÍN GUIRAO

1. AGRADECIMIENTOS.

Y parecía que nunca iba a llegar, el momento en el cual terminé una etapa tan importante como emocionante en mi vida.

En primer lugar y es lo que mi corazón me dicta, es agradecer el apoyo que mis padres F^o Javier y M^a Dolores me han aportado en cada instante de mi vida, haciéndome que todo sea más sencillo, dándome todas las facilidades que me han podido aportar, sin importar la dificultad que le hayan podido ocasionar. Gracias por la educación inculcada y por enseñarme que cuanto más duro es el camino mayor es la satisfacción en la meta. Todo lo que soy os lo debo a vosotros.

Javier, hermano, sabes que lo eres todo para mí, eres la persona perfecta y a seguir, eres esa luz que me guía, en el que me fijo para sacar fuerzas cuando el momento lo requiere, porque no habrá nadie tan trabajador como tú, intento parecerme a ti.

Es imposible olvidarme de M^a Jose, te quiero por todo lo que significas para mí, por que se que por muy duro que sea el momento vivido, siempre estarás a mi lado para darme ese "empujoncillo" que uno necesita.

Gracias a mis tutores Javier y J. Ignacio por haberme transmitido vuestros conocimientos y por atender mis dudas en cualquier momento, sin vuestra ayuda este proyecto no hubiera salido adelante. Gracias de todo corazón.

Agradecer también a todos los "ayudantes", que de forma desinteresada, me ayudaron durante el trascurso de mi proyecto.

Y por último, siempre será de las personas más importantes y que más marcaron mi vida, quiero recordar a mi abuela que desde donde esté se sentirá muy orgullosa de ver que he conseguido mi objetivo, muchas gracias por darme la fuerza que a veces me ha faltado y por estar siempre conmigo.

El haber conseguido finalizar mi carrera y este proyecto ha sido un gran logro en mi vida, que ha supuesto mucho esfuerzo por mi parte y la de todos los que me habéis apoyado. A todos os dedico este trabajo.

Gracias.

INDICE.

	Página
1. INTERÉS Y OBJETIVOS.	
1.1. Introducción.....	2
1.1.1 Contexto y situación del sector agrícola de la horticultura provincia.....	2
1.1.2. El cultivo de tomate.....	2
1.1.3. Importancia económica.....	3
1.2. Interés del estudio.....	6
1.3. Objetivos.....	8
1.3.1. Parámetros de producción.....	8
1.3.2. Parámetros de calidad.....	8
2. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	10
2.1. Características generales de cultivo de tomate.....	10
2.2. Orígenes y llegada a Europa.....	11
2.2.1. Orígenes.....	11
2.2.2. Su llegada a Europa.....	12
2.2.3. Distribución y hábitats.....	13
2.3. Exigencias climáticas.....	13
2.3.1. Radiación.....	13
2.3.2. Temperatura.....	15
2.3.3. Humedad.....	15
2.3.4. Riesgos y fertilización.....	16
2.4. Tipo y varietales de tomate para consumo fresco.....	17
2.5. Ciclos de cultivos en Almería.....	18
2.6. Desarrollo del fruto de tomate.....	19
2.7. La calidad del fruto.....	20
2.7.1. Introducción.....	20
2.7.2. Parámetros que definen la calidad del fruto.....	21
2.7.3. Calidad comercial.....	23

2.8. Desinfección del suelo. Bromuro de metilo, problemática y retirada.....	28
2.9. Biofumigación y Biosolarización como alternativas al BM.....	31
2.9.1. Biofumigación.....	31
2.9.2. Biofumigación Y Solarización (Biosolarización).....	33
2.10. Enarenado en Almería.....	37
2.10.1. Introducción.....	37
2.10.2. Fundamento del enarenado.....	37
2.11. Recuperación de la fertilidad del enarenado: el retranqueo.....	41
2.12. Naturaleza de la materia orgánica del suelo.....	43
2.12.1. Características físicas.....	45
2.12.2. Características químicas.....	45
2.12.3. Características biológicas.....	46
2.13. Materia orgánica fresca o lábil.....	47
2.14. Sustancias húmicas	47
2.15. Naturaleza de las sustancias húmicas.....	48
2.15.1. Huminas.....	48
2.15.2. Ácidos húmicos.....	49
2.15.3. Ácidos fúlvicos.....	50
2.16. Efectos de las sustancias húmicas.....	52
2.17. Formación de humus. Tipos de humus.....	54
2.18. Factores que condicionan la transformación de la materia orgánica.....	56
2.19. Influencia del humus sobre la fertilidad del suelo.....	58
2.19.1. Efecto sobre las propiedades físicas.....	58
2.19.2. Efecto sobre las propiedades químicas.....	58
2.19.3. Efecto sobre las propiedades biológicas.....	59
2.20. Enmiendas orgánicas.	59
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	62
3.1 Localización del ensayo.....	62

3.1.1 Ubicación del ensayo.....	62
3.1.2. Orientación.....	64
3.2. Datos climáticos de la zona de estudio.....	64
3.3. Sistemas de ventilación.....	66
3.4. Solución nutritiva.....	68
3.5. Suelo.....	68
3.6. Instalaciones y equipamientos.....	69
3.6.1. Sistemas de riego.....	69
3.6.2. Balsas de riego.....	70
3.6.3. Cabezal de riego.....	71
3.6.4. Red de distribución.....	72
3.7. Material Vegetal.....	73
3.7.1. Características de la variedad empleada en el ensayo.....	73
3.8. Manejo del cultivo.....	74
3.8.1. Técnicas de cultivo.....	74
3.8.2. Marco de plantación.....	74
3.8.3. Trasplante.....	74
3.8.4. Destallado.....	75
3.8.5. Entutorado.....	75
3.8.6. Poda.....	76
3.8.7. Polinización.....	76
3.8.8. Deshojado.....	77
3.8.9. Recolección.....	78
3.9. Riego y fertilización.....	79
3.10. Incidencias de plagas y enfermedades y su control.....	81
3.11. Fin de cultivo.....	82
3.12. Diseño experimental.....	83
3.13. Toma de datos.....	85
3.14. Producción.....	85
3.15. Calidad.....	86
3.15.1. Calibre del fruto.....	87

3.15.2. Color.....	87
3.15.3. Firmeza del fruto.	88
3.15.4. Contenido en sólidos solubles.....	89
3.15.5. pH.....	90
3.16. Análisis estadístico de los datos.....	90
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	92
4.1. Producción total por unidad de superficie.....	92
4.1.1. Producción total en función de los tratamientos realizados.....	92
4.1.2. Producción total en función de las técnicas de desinfección empleadas.....	93
4.2. Producción comercial por unidad de superficie.....	96
4.2.1. Producción comercial en función de los tratamientos realizados.....	96
4.2.2. Producción comercial en función de las técnicas de desinfección empleadas.....	97
4.3. Número de frutos comerciales acumulados por unidad de superficie.....	99
4.3.1. Número de frutos comerciales acumulados en función de los tratamientos realizados.....	99
4.3.2. Número de frutos comerciales acumulados en función de las técnicas de desinfección empleadas.....	101
4.4. Peso fruto comercial	102
4.4.1. Peso fruto comercial en función de los tratamientos realizados.....	102
4.4.2. Peso fruto comercial en función de las técnicas de desinfección empleadas.	104
4.5. Calibre.....	106
4.5.1. Calibre en función de los tratamientos realizados.....	106
4.5.2. Calibre en función de las técnicas de desinfección empleadas.....	109
4.6. Color (a/b).....	111
4.6.2. Color (a/b) en función de los tratamientos realizados.....	111
4.6.2. Color (a/b) en función de las técnicas de desinfección empleadas.....	113
4.7. Color (L).....	115
4.7.1. Color (L) en función de los tratamientos empleados.....	115

4.7.2. Color (L) en función de las técnicas de desinfección empleadas.....	117
4.8. Firmeza.....	119
4.8.1. Firmeza en función de los tratamientos realizados.....	119
4.8.2. Firmeza en función de las técnicas de desinfección empleadas.....	122
4.9. Contenido en sólidos solubles (°Brix).....	124
4.9.1. Contenido en sólidos solubles en función de los tratamientos realizados	124
4.9.2. Contenido en sólidos solubles en función de las técnicas de desinfección empleadas	126
4.10. pH.....	128
4.10.1. pH en función de los tratamientos realizados	128
4.10.2 pH en función de las técnicas de desinfección empleadas.....	130
5. CONCLUSIONES.....	133
6. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	135

ÍNDICE DE FIGURAS.

	Página.
Figura 1.- Porcentajes del valor de la producción comercializada en la campaña 2010/2011.Elaboración propia a partir de datos de la Junta de Andalucía.....	4
Figura 2.- Precios medios mensuales en origen. Elaboración propia a partir de datos de la Junta de Andalucía.....	4
Figura 3.- Precio medio del tomate en origen. Elaboración propia a partir de datos de la Junta de Andalucía.....	5
Figura 4.- Evolución de las exportaciones mensuales (t) del cultivo de tomate (Junta de Andalucía, 2011).....	5
Figura 5.- Partes del tomate.....	11
Figura 6.- Variedades de tomate.....	18
Figuras 7.- Porcentaje de respuestas de consumidores calificando como extremadamente importante o importante a cada uno de los aspectos cualitativos de las frutas y hortalizas (Reproducido de Tronstad, 1995)	20
Figura 8.- La percepción de la calidad por el consumidor.....	22
Figura 9.- Muestra de distintas tonalidades de tomate durante el ensayo.....	25
Figura 10.- Toneladas y porcentaje máximo permitido en España.....	29
Figura 11.- Solicitudes de Usos Críticos de BM (t) por Países no-Artículo 5 para los años 2008, 2009, 2010 y 2011. Elaboración propia.....	30
Figura 12.- Distribución del consumo de Bromuro de Metilo en España.....	30
Figura 13.- Consumo anual de BM en la UE por países [A], en España [B] y la UE [C] por cultivos.....	31
Figura 14.- Detalle de harina de Brassica Juncea.....	33
Figura 15.- Detalle biosolarización empleada durante el ensayo.....	34
Figura 16.- Solarización, biosolarización y biofumigación.....	35
Figura 17.- Estructura enarenado.....	37
Figura 18.- Ascenso de sales.....	38
Figura 19.- Aplicación de materia orgánica en enarenado.....	39
Figura 20 y 21.- Saturación de poros en arena fina y gruesa respectivamente.....	41
Figura 22.- Retranqueo con laboreo: se ha dado un pase con tractor para apartar la arena y dar reja.....	42

Figura 23.- Carilla, se abre la arena con herramienta manual.....	43
Figura 24.- Evolución de la materia orgánica: esquema. Fuente: Urbano, 2001.....	44
Figura 25.- Lombriz de tierra.....	46
Figura 26.- Propuesta de estructura química de molécula de ácido húmico.....	49
Figura 27.- Propuesta de estructura de una molécula de ácido fúlvico.....	50
Figura 28.- Fraccionamiento de las sustancias orgánicas del suelo. Elaboración propia.....	51
Figura 29.- Mor.....	55
Figura 30.- Moder.....	55
Figura 31.- Mull.....	56
Figura 32.- Localización aérea de las instalaciones de la Fundación Finca Experimental UAL-ANECOOP.....	62
Figura 33.- Localización y acceso a la Finca Experimental UAL-ANECOOP.....	62
Figura 34.- Plano de la finca experimental junto a la localización del ensayo en cuestión.....	63
Figura 35.- Vista del invernadero U7.....	63
Figura 36.- Detalle de altura en cumbre.....	64
Figura 37.- Detalle de la estación meteorológica instalada en el exterior.....	65
Figura 38.- Climatología del interior del invernadero (a) y del exterior del invernadero (b), elaboración propia.....	66
Figura 39.- Detalle del motor que acciona la apertura y cierre de una de las ventanas.....	67
Figura 40.- Detalle ventanas laterales.....	67
Figura 41.- Detalle ventana cenital.....	67
Figura 42.- Detalle exterior de la nave de servicios.....	69
Figura 43.- Detalle de la distribución de las líneas portagotos.....	70
Figura 44.- Detalle de una de las balsas de riego.....	70
Figura 45.- Cabezal de riego.....	71
Figura 46.- Detalles de tanques.....	72
Figura 47.- Detalle del tanque de mezcla.....	72
Figura 48.- Muestra de la Variedad utilizada.....	73
Figura 49.- Planta de tomate recién trasplantada recibiendo su primer riego.	74

Figura 50.- Hilo de rafia utilizado para entutorar. Detalle de las perchas.....	75
Figura 51 y 52.- Individuo de <i>Bombus terrestris</i> polinizando la flor.....	76
Figura 53.- Detalle de la colmena empleada.....	77
Figura 54.- Detalle de zancos utilizados para prácticas culturales.....	78
Figura 55.- Cajas ordenadas en palets para su posterior transporte a cooperativa....	78
Figura 56.- Croquis de la ubicación de los goteros y las plantas.....	79
Figura 57.- Daños de polilla del tomate <i>Tuta absoluta</i> en hoja.....	81
Figura 58, 59, 60 y 61.- Tratamiento de <i>Botrytis cinérea</i>	82
Figura 62.- Efectos de <i>Botrytis cinérea</i>	82
Figura 63.- Trampas con feromonas.....	82
Figura 64.- Diseño Experimental del ensayo.....	83
Figura 65 y 66.- Apertura y posterior apisonado de la arena de la arena.....	84
Figura 67.- Detalle plástico solarización.....	84
Figura 68.- Esquema de trabajo para la toma de datos en campo.....	85
Figura 69.- Balanza utilizada durante producción.....	86
Figura 70.- Operarias cosechando los tomates diferenciando comercial de no comercial.....	86
Figura 71.- Detalle de la toma de medida del diámetro ecuatorial.	87
Figura 72.- Detalle del espectrofotómetro utilizado durante el ensayo.....	87
Figura 73.- Lecturas realizadas en el espectrofotómetro.....	88
Figura 74.- Detalle de la eliminación de la epidermis.....	88
Figura 75.- Penetrómetro empleado durante el ensayo.....	89
Figura 76.- Detalle refractómetro.....	89
Figura 77.- Detalle del equipo de pH-metro empleado.....	90
Figura 78.- Evolución de la producción total por unidad de superficie ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de las diferentes materias orgánicas empleadas en los tratamientos de biodesinfección; biofumigación (a) y biosolarización (b). (a) (T_0 :Testigo, T_1 :Biofence $0,3\text{Kg m}^{-2}$, T_2 :Brassicas $0,8\text{ Kg m}^{-2}$, T_3 : T_2 +Gallinaza $0,15\text{ Kg m}^{-2}$, T_4 : T_1 +Biolimp) y con solarización (b) (T_{0p} :Testigo, T_{1p} :Biofence $0,3\text{Kg m}^{-2}$, T_{2p} :Brassicas $0,8\text{ Kg m}^{-2}$, T_{3p} : T_2 +Gallinaza $0,15\text{ Kg m}^{-2}$, T_{4p} : T_1 +Biolimp).).....	93
Figura 79.- Evolución de la producción total por unidad de superficie ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de las diferentes materias orgánicas empleadas.....	95

Figura 80.- Evolución de la producción comercial total acumulada ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) de tomate cv. Amilda en función de las diferentes materias orgánicas empleadas en los tratamientos de biodesinfección, biofumigación (a) y biosolarización (b). (a) (T_0 :Testigo, T_1 :Biofence $0,3\text{Kg m}^{-2}$, T_2 :Brassicas $0,8 \text{ Kg m}^{-2}$, T_3 : T_2 +Gallinaza $0,15 \text{ Kg m}^{-2}$, T_4 : T_1 +Biolimp) y con solarización (b) (T_{0p} :Testigo, T_{1p} :Biofence $0,3\text{Kg m}^{-2}$, T_{2p} :Brassicas $0,8 \text{ Kg m}^{-2}$, T_{3p} : T_2 +Gallinaza $0,15 \text{ Kg m}^{-2}$, T_{4p} : T_1 +Biolimp).).....97

Figura 81.- Evolución de la producción comercial total acumulada ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de las diferentes materias orgánicas empleadas.....98

Figura 82.- Evolución del número de frutos comerciales por unidad de superficie (n° frutos/ m^2) del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de las diferentes materias orgánicas empleadas en los tratamientos de biodesinfección, biofumigación (a), biosolarización (b). (a) (T_0 :Testigo, T_1 :Biofence $0,3\text{Kg m}^{-2}$, T_2 :Brassicas $0,8 \text{ Kg m}^{-2}$, T_3 : T_2 +Gallinaza $0,15 \text{ Kg m}^{-2}$, T_4 : T_1 +Biolimp) y con solarización (b) (T_{0p} :Testigo, T_{1p} :Biofence $0,3\text{Kg m}^{-2}$, T_{2p} :Brassicas $0,8 \text{ Kg m}^{-2}$, T_{3p} : T_2 +Gallinaza $0,15 \text{ Kg m}^{-2}$, T_{4p} : T_1 +Biolimp).....100

Figura 83.- Evolución del número de frutos comerciales por unidad de superficie (n° frutos/ m^2) del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de las diferentes materias orgánicas empleadas.....101

Figura 84.- Evolución del peso del fruto comercial (g) del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de las diferentes materias orgánicas empleadas en los tratamientos de biodesinfección, biofumigación (a) y biosolarización (b). (a) (T_0 :Testigo, T_1 :Biofence $0,3\text{Kg m}^{-2}$, T_2 :Brassicas $0,8 \text{ Kg m}^{-2}$, T_3 : T_2 +Gallinaza $0,15 \text{ Kg m}^{-2}$, T_4 : T_1 +Biolimp) y con solarización (b) (T_{0p} :Testigo, T_{1p} :Biofence $0,3\text{Kg m}^{-2}$, T_{2p} :Brassicas $0,8 \text{ Kg m}^{-2}$, T_{3p} : T_2 +Gallinaza $0,15 \text{ Kg m}^{-2}$, T_{4p} : T_1 +Biolimp).....103

Figura 85.- Peso promedio del fruto comercial (g) de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección con y sin solarización; Biofumigación (verde) y Biosolarización (naranja).....104

Figura 86.- Evolución del peso fruto comercial (g) del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de las diferentes materias orgánicas empleadas.....105

Figura 87.- Peso promedio del fruto comercial (g) de tomate cv. Amilda en función de las diferentes materias orgánicas empleadas (biofumigación, biosolarización, solarización y testigo).....105

Figura 88.- Evolución del diámetro ecuatorial (mm) a lo largo del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección sin solarización (a) (T_0 :Testigo, T_1 :Biofence $0,3\text{Kg m}^{-2}$, T_2 :Brassicas $0,8 \text{ Kg m}^{-2}$, T_3 : T_2 +Gallinaza $0,15 \text{ Kg m}^{-2}$, T_4 : T_1 +Biolimp) y con solarización (b) (T_{0p} :Testigo, T_{1p} :Biofence $0,3\text{Kg m}^{-2}$, T_{2p} :Brassicas $0,8 \text{ Kg m}^{-2}$, T_{3p} : T_2 +Gallinaza $0,15 \text{ Kg m}^{-2}$, T_{4p} : T_1 +Biolimp).....108

Figura 89.- Diámetro ecuatorial promedio (mm) del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección con y sin solarización; Biofumigación (verde) y Biosolarización (naranja).....108

Figura 90.- Evolución del diámetro ecuatorial (mm) del fruto comercial de tomate cv. Amilda a lo largo del ciclo de cultivo en función de las técnicas de desinfección empleadas.....109

Figura 91.- Diámetro ecuatorial promedio (mm) del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de las técnicas de desinfección empleadas; Biofumigación (biof), biosolarización (bios), testigo y solarización.....110

Figura 92.- Evolución del color (a/b) a lo largo del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección sin solarización (a) (T₀: Testigo, T₁: Biofence 0,3Kg m⁻², T₂: Brassicas 0,8 Kg m², T₃: T₂+Gallinaza 0,15 Kg m⁻², T₄: T₁+Biolimp) y con solarización (b) (T_{0p}: Testigo, T_{1p}: Biofence 0,3Kg m⁻², T_{2p}: Brassicas 0,8 Kg m², T_{3p}: T₂+Gallinaza 0,15 Kg m⁻², T_{4p}: T₁+Biolimp).....112

Figura 93.- Color (a/b) promedio del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección con y sin solarización; Biofumigación (verde) y Biosolarización (naranja).).....113

Figura 94.- Evolución del color (a/b) del fruto comercial de tomate cv. Amilda a lo largo del ciclo de cultivo en función de las técnicas de desinfección empleadas.....114

Figura 95.- Color (a/b) promedio del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de las técnicas de desinfección empleadas, Biofumigación (biof) y Biosolarización (bios).....114

Figura 96.- Evolución del color (L) a lo largo del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección sin solarización (a) (T₀: Testigo, T₁: Biofence 0,3Kg m⁻², T₂: Brassicas 0,8 Kg m², T₃: T₂+Gallinaza 0,15 Kg m⁻², T₄: T₁+Biolimp) y con solarización (b) (T_{0p}: Testigo, T_{1p}: Biofence 0,3Kg m⁻², T_{2p}: Brassicas 0,8 Kg m², T_{3p}: T₂+Gallinaza 0,15 Kg m⁻², T_{4p}: T₁+Biolimp).....116

Figura 97.- Color (L) promedio del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección con y sin solarización; Biofumigación (verde) y Biosolarización (naranja).....117

Figura 98.- Evolución del color (L) del fruto comercial de tomate cv. Amilda a lo largo del ciclo de cultivo en función de las técnicas de desinfección empleadas.....118

Figura 99.- Color (L) promedio del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de las técnicas de desinfección empleadas; Biofumigación (biof), biosolarización (bios), testigo y solarización.....118

Figura 100.- Evolución la firmeza (Kg/cm²) a lo largo del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección sin solarización (a) (T₀: Testigo, T₁: Biofence 0,3Kg m⁻², T₂: Brassicas 0,8 Kg m², T₃: T₂+Gallinaza 0,15 Kg m⁻², T₄: T₁+Biolimp) y con solarización (b) (T_{0p}: Testigo, T_{1p}: Biofence 0,3Kg m⁻², T_{2p}: Brassicas 0,8 Kg m², T_{3p}: T₂+Gallinaza 0,15 Kg m⁻², T_{4p}: T₁+Biolimp).....121

Figura 101.- Firmeza (Kg/cm²) promedio del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección con y sin solarización; Biofumigación (verde) y Biosolarización (naranja).....121

Figura 102 Evolución de la firmeza (Kg/cm²) del fruto comercial de tomate cv. Amilda a lo largo del ciclo de cultivo en función de las técnicas de desinfección empleadas.....123

Figura 103.- Firmeza (Kg/cm²) promedio del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de las técnicas de desinfección empleadas; Biofumigación (biof), biosolarización (bios), testigo y solarización.....123

Figura 104.- Contenido en sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$) a lo largo del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección sin solarización (a) (T_0 :Testigo, T_1 :Biofence $0,3\text{Kg m}^{-2}$, T_2 :Brassicas $0,8 \text{ Kg m}^{-2}$, T_3 : T_2 +Gallinaza $0,15 \text{ Kg m}^{-2}$, T_4 : T_1 +Biolimp) y con solarización (b) (T_{0p} :Testigo, T_{1p} :Biofence $0,3\text{Kg m}^{-2}$, T_{2p} :Brassicas $0,8 \text{ Kg m}^{-2}$, T_{3p} : T_2 +Gallinaza $0,15 \text{ Kg m}^{-2}$, T_{4p} : T_1 +Biolimp).....125

Figura 105.- Contenido en sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$) promedio del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección con y sin solarización; Biofumigación (verde) y Biosolarización (naranja).....126

Figura 106.- Evolución del contenido en sólidos ($^{\circ}\text{Brix}$) solubles del fruto comercial de tomate cv. Amilda a lo largo del ciclo de cultivo en función de las técnicas de desinfección empleadas.....127

Figura 107.- Contenido en sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$) promedio del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección; Biofumigación (biof), biosolarización (bios), testigo y solarización.....127

Figura 108.- pH a lo largo del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección sin solarización (a) (T_0 :Testigo, T_1 :Biofence $0,3\text{Kg m}^{-2}$, T_2 :Brassicas $0,8 \text{ Kg m}^{-2}$, T_3 : T_2 +Gallinaza $0,15 \text{ Kg m}^{-2}$, T_4 : T_1 +Biolimp) y con solarización (b) (T_{0p} :Testigo, T_{1p} :Biofence $0,3\text{Kg m}^{-2}$, T_{2p} :Brassicas $0,8 \text{ Kg m}^{-2}$, T_{3p} : T_2 +Gallinaza $0,15 \text{ Kg m}^{-2}$, T_{4p} : T_1 +Biolimp).....129

Figura 109.- pH promedio del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección con y sin solarización; Biofumigación (verde) y Biosolarización (naranja).....130

Figura 110.- Evolución del pH del fruto comercial de tomate cv. Amilda a lo largo del ciclo de cultivo en función de las técnicas de desinfección empleadas.....131

Figura 111.- pH promedio del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función las técnicas de desinfección empleadas; Biofumigación (biof), biosolarización (bios), testigo y solarización.....131

ÍNDICE DE TABLAS.

	Página
Tabla 1.- Evolución de la superficie (ha) y producción (t) del cultivo de tomate en España. Elaboración propia a partir de datos Faostat. http://faostat.fao.org [Consulta 04 Febrero 2013].....	2
Tabla 2.- Valor de la producción comercializada en la campaña 2010/11 en €. Elaboración propia a partir de datos de la Junta de Andalucía.....	4
Tabla 3.- Evolución de las exportaciones mensuales (miles de €) desde la campaña 2008-2009, hasta la campaña 2010-2011, y el porcentaje de variación entre las dos últimas campañas (Cajamar 2011).....	6
Tabla 4.- Parámetros que definen la calidad del fruto.....	21
Tabla 5.- Valores mínimos de firmeza (Kg.cm ²) en la comercialización del tomate (Riquelme, 2001).....	26
Tabla 6.- Escala de clasificación para la firmeza de los frutos de tomate según Kader y Morris (1976).....	26
Tabla 7.- Propiedades generales de las sustancias húmicas (Labrador, 1996).....	51
Tabla 8.- Criterios de clasificación del humus. Porta (2003).....	55
Tabla 9.- Superficies. Elaboración propia.....	64
Tabla 10.- Datos climáticos de la zona de estudio desde trasplante hasta fin del cultivo. Elaboración propia en base a los datos emitidos por http://nevada.ual.es/fincaexp/registroClimas.as	65
Tabla 11.- Análisis del extracto saturado.....	68
Tabla 12.- Ciclo de cultivo empleado en el ensayo.....	74
Tabla 13.- Ventajas e inconvenientes del sistema de descuelgue con perchas.	76
Tabla 14.- DDTDestallado, deshojado, entutorado y cosechas.....	77
Tabla 15.- DDT recolección.....	78
Tabla 16.- Análisis de Agua.....	80
Tabla 17.- Plan de fertilización.....	81
Tabla 18.- Plan de agua.....	81
Tabla 19.- Tratamientos experimentales.....	19
Tabla 20.- Efecto sobre la producción total por unidad de superficie (kg m ⁻²) de tomate cv. Amilda en función de diferentes tratamientos de biodesinfección sin (T ₀ , T ₁ , T ₂ , T ₃ , T ₄) y con solarización (T _{0p} , T _{1p} , T _{2p} , T _{3p} , T _{4p}).....	92

Tabla 21.- Efecto sobre la producción total por unidad de superficie ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) de tomate cv. Amilda, en función de los métodos de desinfección empleados. Diferentes letras denotan diferencia estadística al 95% de confianza para el Test de diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD).....	94
Tabla 22.- Efecto sobre la producción comercial total acumulada ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) de tomate cv. Amilda en función de diferentes tratamientos de biodesinfección sin (T_0, T_1, T_2, T_3, T_4) y con solarización ($T_{0p}, T_{1p}, T_{2p}, T_{3p}, T_{4p}$).....	96
Tabla 23.- Efecto sobre la producción comercial total acumulada ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) de tomate cv. Amilda, de los métodos de desinfección empleados. Diferentes letras denotan diferencia estadística al 95% de confianza para el Test de diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD).....	98
Tabla 24.- Efecto sobre el número de frutos comerciales por unidad de superficie (n° frutos/ m^2) de tomate cv. Amilda en función de diferentes tratamientos de biodesinfección sin (T_0, T_1, T_2, T_3, T_4) y con solarización ($T_{0p}, T_{1p}, T_{2p}, T_{3p}, T_{4p}$).....	100
Tabla 25.- Efecto sobre el número de frutos comerciales por unidad de superficie (n° frutos/ m^2) de tomate cv. Amilda, de los métodos de desinfección empleados y sus testigos.....	101
Tabla 26.- Peso fruto comercial (g) de tomate cv. Amilda en función de diferentes tratamientos de biodesinfección sin (T_0, T_1, T_2, T_3, T_4) y con solarización ($T_{0p}, T_{1p}, T_{2p}, T_{3p}, T_{4p}$).....	103
Tabla 27.- Efecto sobre el Peso fruto comercial acumulado (g) de tomate cv. Amilda, de los métodos de desinfección empleados y sus testigos.....	104
Tabla 28.- Diámetro ecuatorial (mm) del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección sin solarización (Biofumigación) y con solarización (Biosolarización). Diferentes letras denotan diferencia estadística al 95% de confianza para el Test de diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD).....	107
Tabla 29.- Diámetro ecuatorial (mm) del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección con y sin solarización (Biofumigación y Biosolarización), testigo y solarización.....	109
Tabla 30.- Color (a/b) del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección sin solarización (Biofumigación) y con solarización (Biosolarización). Diferentes letras denotan diferencia estadística al 95% de confianza para el Test de diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD).....	112
Tabla 31.- Color (a/b) del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección con y sin solarización (Biofumigación y Biosolarización) testigo y solarización. Diferentes letras denotan diferencia estadística al 95% de confianza para el Test de diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD).....	114
Tabla 32.- Color (L) del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección sin solarización (Biofumigación) y con solarización (Biosolarización).	116

Tabla 33.- Color (L) del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección con y sin solarización (Biofumigación y Biosolarización) y testigo y solarización. Diferentes letras denotan diferencia estadística al 95% de confianza para el Test de diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD).....118

Tabla 34.- Firmeza (Kg/cm²) del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección sin solarización (Biofumigación) y con solarización (Biosolarización). Diferentes letras denotan diferencia estadística al 95% de confianza para el Test de diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD).....120

Tabla 35.- Firmeza (Kg/cm²) del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección con y sin solarización (Biofumigación y Biosolarización) testigo y solarización. Diferentes letras denotan diferencia estadística al 95% de confianza para el Test de diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD).....122

Tabla 36.- Contenido en sólidos solubles (°Brix) del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección sin solarización (Biofumigación) y con solarización (Biosolarización). Diferentes letras denotan diferencia estadística al 95% de confianza para el Test de diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD).....125

Tabla 37.- Contenido en sólidos solubles (°Brix) del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección con y sin solarización (Biofumigación y Biosolarización) testigo y solarización. Diferentes letras denotan diferencia estadística al 95% de confianza para el Test de diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD).127

Tabla 38.-pH del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección sin solarización (Biofumigación) y con solarización (Biosolarización). Diferentes letras denotan diferencia estadística al 95% de confianza para el Test de diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD).129

Tabla 39.- pH del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección con y sin solarización (Biofumigación y Biosolarización) testigo y solarización. Diferentes letras denotan diferencia estadística al 95% de confianza para el Test de diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD).....131

1. INTERÉS Y OBJETIVOS.

1.1. Introducción.

1.1.1. Contexto y situación del sector agrícola provincial.

En los últimos años el sector que ha podido ofrecer una cierta estabilidad a la maltrecha economía provincial ha sido el de la agricultura. Su demanda se mantiene estable, su capacidad de penetración en nuevos mercados y su adaptabilidad han permitido que no se note en demasía el efecto de la crisis sobre dicha demanda, a pesar del evidente descenso de los niveles de consumo en el mercado nacional (Cajamar, 2011).

La producción hortícola de Almería representa el 91% de la producción vegetal de la provincia y el 60% de toda la producción hortícola andaluza. Esta aportación convierte a Almería en el modelo de referencia mundial de la hortícola protegida (Junta de Andalucía, 2011).

1.1.2. El cultivo de tomate.

El tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada

A nivel Europeo el tomate es una de las hortalizas de mayor producción, con más de 15.860.034 toneladas. España ha ido incrementando sus producciones en el último periodo, incrementando su producción en un 21.86% pasando de 3.874.720 t en el año 1999, a 4.810.301 t en 2005, aunque luego empezó a disminuir de nuevo hasta llegar al valor de 3.821.490 t en el año 2010.

Analizando los datos emitidos por FAO, se llega a la conclusión de que el tomate es un producto fundamental en el seno de la hortícola española, siendo la especie hortícola más comercializada en Europa y más concretamente en la zona mediterránea que mayor nivel de producción y distribución presenta. A escala nacional, presenta continuos incrementos en los rendimientos (Tabla 1), consecuencia de un aumento en la producción y en menor medida de la superficie cultivada.

Tabla 1. Evolución de la superficie (ha) y producción (t) del cultivo de tomate en España. Elaboración propia a partir de datos Faostat. <http://faostat.fao.org> [Consulta 04 Febrero 2013].

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Producción(t)	3766330	3971690	3979720	3947330	4383200	4810300
Superficie(ha)	62285	63030	59266	62973	69902	72285
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Producción(t)	3800550	4081480	4049750	4603600	4312700	3821490
Superficie(ha)	56690	53297	54868	62200	58300	49913

La representatividad de Andalucía tanto en superficie como en producción es indiscutible, con especial influencia en la provincia de Almería. El tomate es, hoy por hoy, la primera hortaliza de Almería, no sólo por extensión de cultivo, sino también por producción. Y es que este cultivo supone, por sí solo, casi la tercera parte de toda la

producción hortícola provincial. En este sentido, según los datos más recientes de la Delegación Provincial de Agricultura y Pesca, en la 2011-12 se recolectaron en torno a 929.800 toneladas de tomate, unas 37.300 toneladas más que la campaña anterior. Además, en lo que a la superficie de cultivo se refiere, esta campaña 2011-12 alcanzó las 9.100 hectáreas de las cuales 100 han sido al aire libre y 9.000 protegidas. Esta cifra supone un incremento de 70 hectáreas más con relación a la campaña del año pasado.

La fortaleza del tomate es tal que, de hecho, en 2011, y por tercer año consecutivo, se convirtió en la hortaliza más internacional de Almería. Según los datos de la Administración, en 2011 se enviaron a los mercados exteriores tomates valorados en 447,5 millones de euros, lo que supone un 20,8 por ciento de las exportaciones de la provincia de Almería y un incremento del 4 por ciento sobre el año 2010. Además, entre los meses de enero y abril de 2012, el tomate siguió manteniendo su liderazgo en las exportaciones y, en ese período, Almería comercializó producto valorado en casi 273 millones de euros en los mercados foráneos, el 25% del total de las ventas al exterior

El tomate seguirá siendo la principal hortaliza de Almería en las campañas venideras. De hecho, según las primeras estimaciones de la Delegación Provincial de Agricultura y Pesca, en base a las previsiones de los semilleros, para la campaña 2012/2013, se ha previsto un incremento de la cantidad de plántula de tomate de entre el 10% y el 15% con respecto al ejercicio actual, con lo cual, se confirma una “tendencia al alza” en el futuro de este cultivo. Este incremento, tal y como afirman desde la Administración andaluza, “se debe al aumento de la demanda de tomate injertado”, una práctica cada vez más extendida por su eficacia para combatir, entre otras cosas, las enfermedades del suelo.

La campaña hortícola 2012-2013 de la provincia de Almería ha comenzado con aumentos de entre el 10 y el 15 por ciento en la superficie de cultivo de tomate, de acuerdo a los primeros datos recabados por la Consejería de Agricultura de Andalucía entre las principales empresas de semillas.

El incremento esperado en el tomate es del 10 por ciento, lo que previsiblemente elevará la extensión de este cultivo hasta las 10.000 hectáreas, con lo que reforzará su posición como el principal producto de la huerta almeriense.

Según ha explicado la Delegación Territorial de la Consejería en un comunicado, esta apuesta del agricultor por el tomate, en sus distintos tipos y presentaciones, está relacionada con el mantenimiento de un buen nivel de precios durante la pasada campaña.

1.1.3.Importancia económica.

Como se observa en la figura 1 y tabla 2, durante la campaña 2010/2011, el tomate continua siendo el producto estrella, ya que es el cultivo más importante económicamente con un valor de la producción de 385.905.380 € y una representatividad con respecto al total del valor de los 8 cultivos protegidos del 31%.

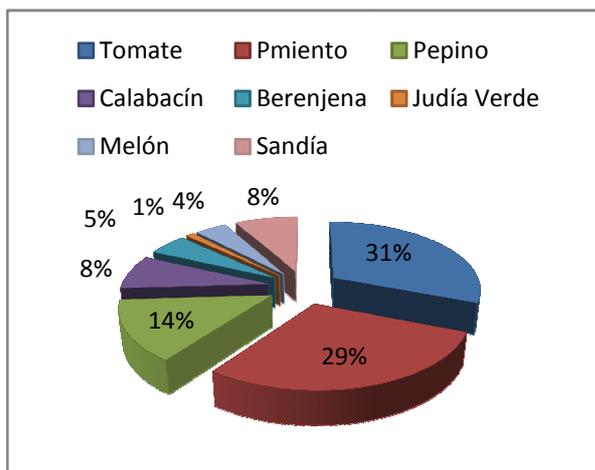


Figura 1. Porcentajes del valor de la producción comercializada en la campaña 2010/2011. Elaboración propia a partir de datos de la Junta de Andalucía.

Tabla 2. Valor de la producción comercializada en la campaña 2010/11 en €. Elaboración propia a partir de datos de la Junta de Andalucía.

Cultivo	Valor (€)
Tomate	385.905.380
Pimiento	366.805.140
Pepino	171.141.380
Calabacín	99.319.440
Berenjena	63.878.220
Judía Verde	13.836.060
Melón	46.649.560
Sandía	105.218.010

A continuación se muestran los precios medios mensuales en origen actualizados hasta la fecha.

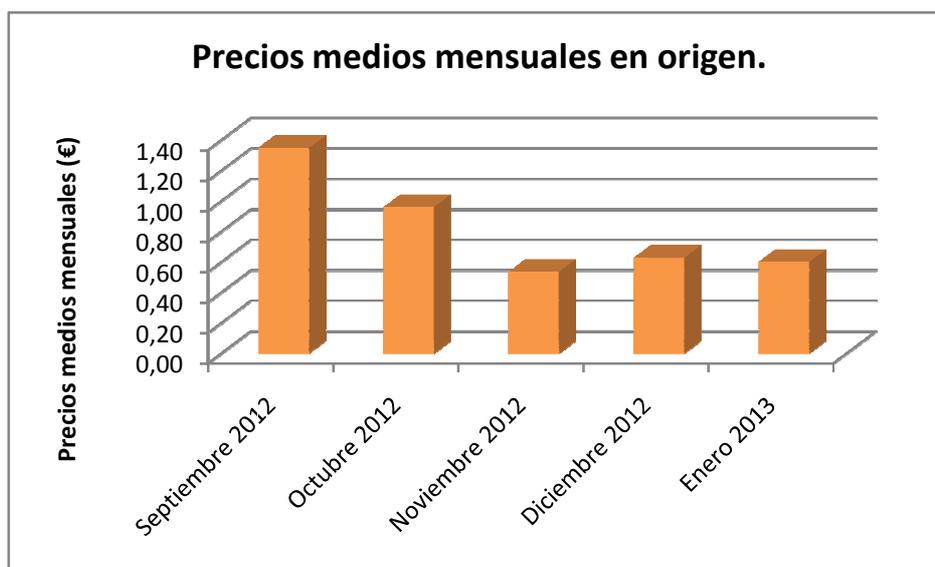


Figura 2. Precios medios mensuales de tomate en origen. Elaboración propia a partir de datos de la Junta de Andalucía.

Los precios medios del tomate han disminuido, presentando una cotización baja más propia y cercana de las campañas 2005/06 ó 2007/08 y por tanto no ha continuado en la línea ascendente de las campañas antecesoras. Los precios más altos del año se encuentran en la primera parte de la campaña, de septiembre a diciembre, donde los competidores europeos no tienen tanta fuerza en el mercado.

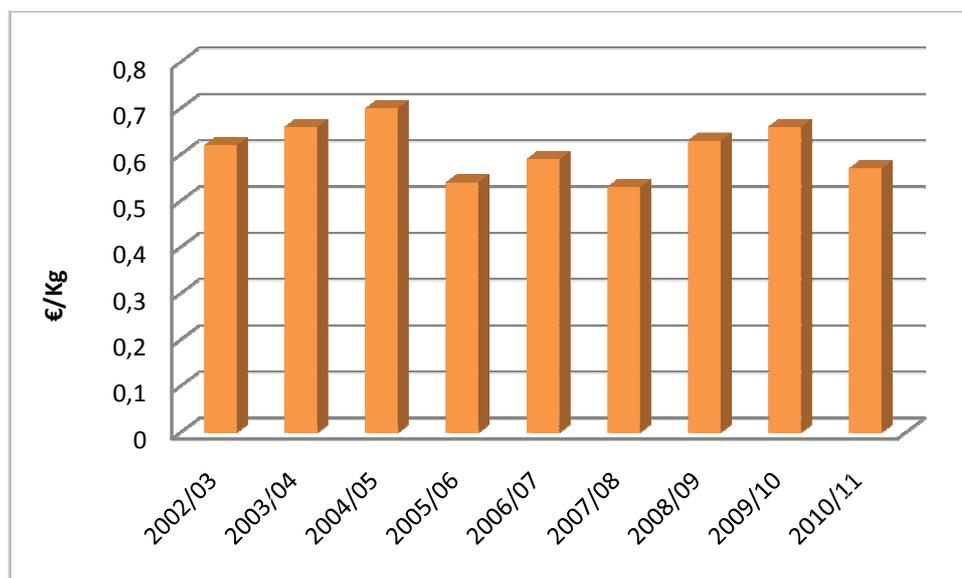


Figura 3. Precio medio del tomate en origen. Elaboración propia a partir de datos de la Junta de Andalucía.

Con respecto a las exportaciones mensuales de tomate en Almería, como se observa en la figura 4, sigue la misma dinámica que las exportaciones totales almerienses, produciéndose un aumento continuo de exportaciones desde el mes de septiembre hasta marzo-abril donde se comprenden los mayores volúmenes exportados, y descendiendo progresivamente hasta el final de la campaña

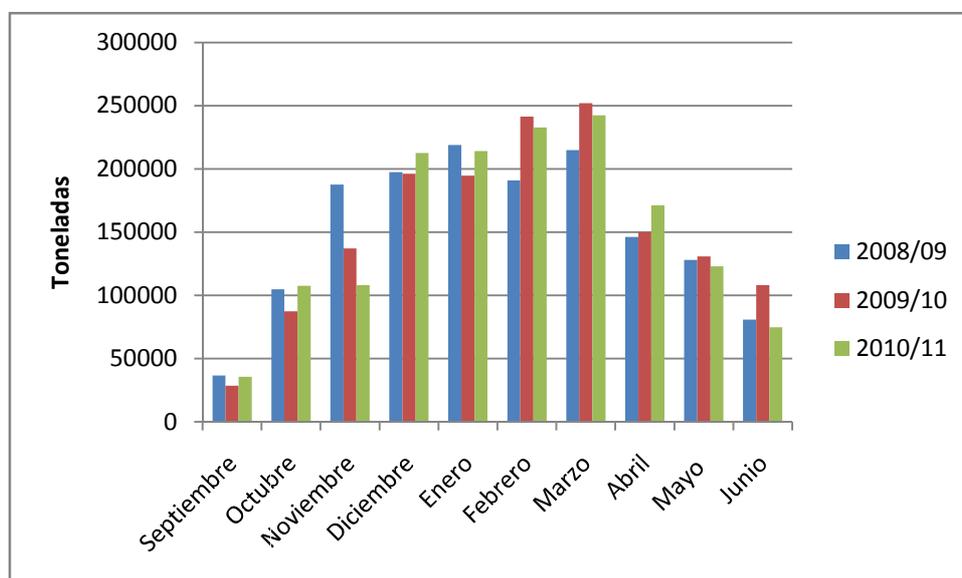


Figura 4. Evolución de las exportaciones mensuales (t) de la producción de tomate en Almería. (Junta de Andalucía, 2011)

Respecto al valor de las exportaciones, pueden diferenciarse dos etapas con tendencias contrarias: la primera ha tenido lugar entre el inicio de la campaña y el mes de enero, con un incremento en el importe recibido por las cantidades emitidas. La segunda etapa se ha producido entre enero y el final del ciclo, con un comportamiento negativo en la cuantía de las ventas al exterior con la excepción del mes de abril. El

mayor descenso del periodo analizado se ha producido en el mes de junio, coincidiendo con el brote de *E.coli* comentado anteriormente (Cajamar 2011).

Tabla 4. Evolución de las exportaciones mensuales (miles de €) desde la campaña 2008-2009, hasta la campaña 2010-2011, y el porcentaje de variación entre las dos últimas campañas (Cajamar 2011).

	2008/09	2009/10	2010/11	% var. 11/10
Septiembre	36679	28521	35602	24,8
Octubre	104750	87473	107682	23,1
Noviembre	187699	137201	108023	31,2
Diciembre	197351	196307	212546	8,3
Enero	218840	194613	214025	10
Febrero	190803	241393	232950	-3,5
Marzo	214901	251991	242421	-3,8
Abril	146097	150102	171125	14
Mayo	127980	130916	122972	-6,1
Junio	80839	108023	74812	-30,7
Total	1505941	1526539	1594157	4,4

1.2. Interés del estudio.

Un hecho importante en Almería es la gran incidencia que tiene la agricultura sobre el conjunto de la economía provincial, tal es la importancia de la agricultura almeriense que convierte a la provincia en una de las más dinámicas y activas a nivel regional e incluso nacional. El concepto de agricultura en Almería es sinónimo a producción hortícola en cultivos intensivos, lo que popularmente se conoce como invernaderos. La superficie ocupada por invernaderos en la provincia de Almería es en la actualidad superior a las 30.000 ha, representando aproximadamente el 50% del total nacional y la mayor concentración del mundo, (Valera, 2000); el mismo autor confirma que en la actualidad, Almería dispone de la misma superficie invernada. Gracias a los invernaderos destinados a la producción de hortalizas, Almería ha experimentado un enorme crecimiento socioeconómico y demográfico en las últimas décadas. La importancia del sector hortofrutícola en Almería no radica sólo en sus cifras de producción y comercialización, sino en su capacidad de inducir actividad y actuar como motor de toda una industria auxiliar. La importancia del tomate en Almería viene dada por los datos en cuanto a superficie y producción se manejan, presentados en el apartado anterior 1.1.2., comparado con otras grandes hortalizas como el pepino, calabacín, berenjena, pimiento, melón y sandía. Tal es la relevancia del cultivo que según los últimos datos del Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente se registraron valores tales como 10147 has y 910,268 Tm en 2009, siendo estos valores en las hortalizas citadas anteriormente considerablemente inferiores. Aparte de la gran producción de tomate, Almería se ha convertido en una de las zonas más importantes de explotación agraria de toda Europa, siendo el cultivo de regadío más extendido, el tomate. Todo ello conlleva además una gran fuente de empleo, ya que mucha gente trabaja en el sector.

Una característica importante del sistema productivo almeriense reside en el cultivo sobre suelos modificados o lo que es lo mismo el suelo arenado almeriense o cultivo enarenado. Aunque originario de la costa granadina, constituye el sistema de cultivo característico de los invernaderos de Almería. En esta preparación del suelo consta de una capa de tierra de naturaleza franco-arcillosa o franca, capa que constituye el suelo de cultivo, otra capa de horizonte orgánico compuesto fundamentalmente de estiércol y por último se incorpora la capa de arena, confiriendo importantes ventajas en comparación con el suelo desnudo. La presencia de esta capa de arena rompe la subida del agua por capilaridad, reduciendo la evaporación y el ascenso de sales, lo que permite emplear agua de peor calidad. A parte de esto, mejora la estabilidad térmica de los suelos y proporciona el crecimiento del sistema radicular en superficie (Bretones, 1999). Desde la década de los 60 el arenado se ha convertido en el milagro de conseguir que tierras pobres produjesen mucho en cantidad y sobre todo en calidad.

El suelo contiene materiales vivos y muertos de origen vegetal o animal (aunque la mayor parte vegetal, (Fitz, 1980)), constituyendo así la materia orgánica del suelo. Thompson y Troeh, (1988) consideran al humus una mezcla compleja de compuestos orgánicos, cuyo análisis químico detallado es extremadamente difícil. Según Eweiset al, (1999), el término humus se refiere a la materia orgánica que ha sufrido las suficientes degradaciones y transformaciones como para que la materia orgánica no sea reconocible. La materia orgánica influye en las propiedades físicas del suelo (estructura, penetración y retención de agua), mejora la capacidad de intercambio catiónico (CIC), aporta propiedades coloidales valiosas para el suelo, y lo más importante, el incremento y diversidad de microorganismos (Cosme, 2008) Para Plaster (2005), 5 son los factores que afectan directamente a la materia orgánica, como son la vegetación, clima, textura del suelo, drenaje y laboreo.

En este sentido, la agricultura basada en prácticas agrarias con tendencia al monocultivo y la producción intensiva, ha propiciado, entre otros, la proliferación de organismos fitopatógenos habitantes del suelo, que provocan cuantiosas pérdidas de producción en multitud de cultivos. En consecuencia, la desinfección del suelo se ha convertido en una estrategia de manejo imprescindible para el control de los patógenos edáficos. Debido a la prohibición en cuanto al uso y su posterior retirada del mercado de materias activas empleadas en tratamientos de desinfección, surgen alternativas entre las que destacan la biofumigación y la biofumigación con solarización (biosolarización), ambas consideradas técnicas de biodesinfección, basadas principalmente en los mismos principios que los fumigantes convencionales, sólo que, los gases generados proceden de la descomposición de la materia orgánica. La biodesinfección, mediante la incorporación al suelo de enmiendas orgánicas, con o sin posterior acolchado plástico del suelo, se presenta como una alternativa económicamente viable, a la vez que medioambientalmente respetuosa, que está adquiriendo una gran relevancia por su eficacia y a medida que la sociedad valora la sostenibilidad de los sistemas de producción.

En definitiva, el suelo arenado comporta materia orgánica fresca, haciéndose el retanqueo habitualmente cada 4 años, práctica que es sustituida normalmente por la adición de compuestos comerciales a base de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos. Éstos no reportan los mismos beneficios al cultivo, puesto que entre otros aspectos, no dan lugar a la formación de agregados en el suelo ni a intercambios catiónicos duraderos, debido a que se trata de formulaciones líquidas que se pierden con el riego por lixiviación.

En este sentido, el presente proyecto estudiará la evolución de la adición de materia orgánica con y sin solarización en un suelo arenado sobre la producción y calidad de tomate.

1.3. Objetivos.

El objetivo de esta investigación consiste en evaluar distintos parámetros de producción y calidad mediante la adición en suelo arenado de distintas materias orgánicas, con y sin solarización.

Para ello se han abordado los siguientes objetivos específicos:

1.3.1. Parámetros de producción estudiados.

- Producción total y comercial por unidad de superficie (kg total/m²).
- Número de frutos comerciales por unidad de superficie (nº frutos/m²).
- Peso fruto comercial (g).

1.3.2. Parámetros de calidad estudiados.

- Calibre (mm).
- Color (a/b, L).
- Firmeza (kg/cm²).
- Contenido en sólidos solubles (°Brix).
- Contenido de acidez del fruto (pH).

2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.

2.1. Características generales de cultivo de tomate.

El tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill es una planta perenne, cultivada como anual, de porte arbustivo y de forma rastrera o semierecta y de crecimiento determinado o indeterminado. (Camacho, 2003b).

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) se clasifica de la siguiente forma (Reche, 2010):

- Reino de las plantas.
- Subtipo Angiospermas, al tener los óvulos encerrados en ovarios y por tanto las semillas dentro del fruto.
- Tipo Fanerógama o Espermafita, al ser plantas superiores en las que aparece clara división del proceso fisiológico, apreciándose los granos destinados a la nutrición y otros a la reproducción.
- Clase Dicotiledóneas cuyas semillas contienen un embrión con dos cotiledones.
- Subclase Simpétala, metaclamídeas, por tener flores con periantio doble y gamopétalo y los estambres insertos en ella.
- Orden Tubifloras (gamópetalas) por tener sus pétalos soldados.
- Familia: *Solanaceae*
- Género *Solanum*, especie *lycopersicum*.

Es una de las solanáceas más cultivada en el mundo y con gran número de especies silvestres (Reche, 2010).

Posee un sistema radical bien desarrollado, pudiendo alcanzar de 60 a 120 cm de profundidad (sujeto especialmente a las condiciones de suelo y humedad), situándose en los primeros 20 cm generalmente el 70% de las raíces (Camacho, 2003b). El sistema radical está organizado en raíz principal, raíces secundarias y raíces adventicias. Desde fuera a dentro nos encontramos la epidermis, el cortex y el cilindro central. En la epidermis se encuentran los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes. Situado en el cilindro central, encontramos el xilema (conjunto de vasos especializados en el transporte de nutrientes). Varga y Bruinsma, 1986 confirman que todas las raíces absorben agua, mientras los minerales se absorben por las raíces más próximas a la superficie.

En cuanto al tallo, tiene un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios (ramificación simpoidal) e inflorescencias. Crece de forma continua con inflorescencias internodales laterales cada 3 hojas. Cuando este proceso se repite indefinidamente los cultivares se denominan indeterminados, y son muy adecuados para la recolección continua en invernadero (Castilla, 2001). Los cultivares determinados tienen un crecimiento limitado pudiendo alcanzar unos 2 m. Su estructura, de fuera hacia dentro, consta de: epidermis, de la que parten hacia el exterior los pelos glandulares, corteza o cortex, cuyas células más externas son fotosintéticas y las más internas son colenquimáticas,

cilindro vascular y tejido medular. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales.

Las hojas del tomate son compuestas e imparipinnadas, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo. El mesófilo o tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambas sin cloroplastos. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas. Dentro del parénquima, la zona superior o zona en empalizada, es rica en cloroplastos. Los haces vasculares son prominentes, sobre todo en el envés, y constan de un nervio principal. Las hojas son de tipo dorsiventral o bifacial, y están recubiertas de pelos del mismo tipo que los del tallo. (Coleman y Greyson, 1976).



Figura 5. Partes del tomate. Fuente: (<http://www.hortelanostricantinos.es/tomate.html>)

2.2. Orígenes y llegada a Europa.

El tomate cultivado y las especies silvestres relacionadas se agrupan en la sección *Lycopersicum* (Mill.) Wettst. del género *Solanum*. El ancestro más probable del tomate cultivado es el tomate cereza o *cherry* silvestre (usualmente identificado como *Solanum lycopersicum var cerasiforme*), el cual crece en forma espontánea en varias regiones tropicales o subtropicales de todo el mundo, escapado de cultivo o accidentalmente introducido (Peralta, 2006).

2.2.1. Orígenes.

Según el libro *El tomate en América* de Andrew Smith, el tomate se originó muy probablemente en las tierras altas de la costa occidental de Sudamérica. Investigaciones posteriores han precisado que esta y otras hortalizas se cultivaron en forma continua por las culturas que florecieron en los Andes desde tiempos preincaicos. Estas investigaciones coinciden en asignar el origen del tomate a estas zonas apoyadas no sólo en la antigüedad de las evidencias arqueológicas registradas en los ceramios prehispánicos hallados en la zona norte del actual Perú, sino también a la gran cantidad de variedades silvestres que se pueden hallar aún en campos y zonas eriazas de esta parte de Sudamérica (Smith, 1994). El tomate viajó a Europa desde Tenochtitlán, capital del imperio azteca, después de la conquista de los españoles, donde se le conocía como *xitomatl*, "fruto con ombligo" (de donde proviene

el nombre actual en muchos estados de México, *jitomate*). Si bien ambos centros de origen del tomate cultivado, Perú y México, han sido postulados y se ha proporcionado evidencia en uno u otro sentido, no existen pruebas concluyentes que apoyen de manera incontrovertida uno de tales sitios como el lugar donde el tomate ha sido domesticado a partir de su ancestro silvestre. Más aún, puede ser que este cultivo haya sido domesticado independientemente por las culturas precolombinas que habitaban lo que actualmente es México y Perú (Peralta y Spooner, 2007).

Existen evidencias arqueológicas que demuestran que el tomatillo, una variedad del tomate, ácida y de color verde, que aún se consume en México, fue usado como alimento desde épocas prehispánicas. Esto hace pensar que el tomate también fue cultivado y usado por los pueblos originarios mesoamericanos desde antes de la llegada de los españoles. Es posible que después de la llegada de los conquistadores el tomate se cultivara y consumiera más que el tomatillo por su apariencia colorida y su mayor tiempo de vida después de ser cosechado (Botanical Garden of Cordoba).

En todo caso, el tomate llegó a América Central por diversos medios. Los mayas y otros pueblos de la región lo utilizaron para su consumo, y se cultivaba en México meridional, y probablemente en otras áreas hacia el siglo XVI. Dentro de las creencias del pueblo, quienes presenciaban la ingestión de semillas de tomate eran bendecidos con poderes adivinatorios. El tomate grande y grumoso, una mutación de una fruta más lisa y más pequeña, se originó y distribuyó por América Central. Smith indica que este es el antepasado directo de algunos tomates modernos cultivados.

Los españoles distribuyeron el tomate a lo largo de sus colonias en el Caribe después de la conquista de Sudamérica. También lo llevaron a Filipinas y por allí entró al continente asiático.

2.2.2. Su llegada a Europa

Los tomates amarillos fueron los primeros en cultivarse en Europa; más tarde, los de color rojo se hicieron más populares.

Los españoles llevaron el tomate a Europa en 1540, el cual creció con facilidad en los climas mediterráneos. Ya, en 1608, aparecen documentos en forma de listas de la compra para el *Hospital de la Sangre* en Sevilla que indican la presencia de tomates y pepinos para la elaboración de ensaladas (Hamilton, 1976). A finales del XVII el cultivo de tomates en grandes cantidades era frecuente, sobre todo en el sur de España. Los primeros tomates que se cultivaron en Italia con propósitos ornamentales eran de color amarillo, y en 1554 fueron descritos por el botánico italiano Pietro Mattioli como *pomo d'oro* (manzana dorada), de aquí el nombre de "pomodoro". En Nápoles se descubrió un libro de cocina con recetas a base de tomate que fue publicado en 1692, aunque aparentemente el autor obtuvo sus recetas de fuentes españolas. En la Francia del siglo XVIII fueron conocidos como *pommed'amour* (o "manzana de amor"); hoy los de color rojo están más extendidos. La primera referencia en un libro de cocina español que data del XVIII publicado por los capuchinos: *Libro de la Cocinación* (Wikipedia).

De acuerdo con Smith, en Gran Bretaña el tomate no se comenzó a cultivar sino hasta 1590. Uno de los primeros cultivadores fue John Gerard, un barbero-cirujano. El libro titulado *Hierbas*, de Gerard, se publicó en 1597, fue en gran medida plagiado de fuentes continentales y es también una de las referencias más antiguas del tomate en Inglaterra. Gerard supo que el tomate se consumió tanto en España como en Italia. Sin embargo, él afirmaba que era tóxico (las hojas y los tallos del tomate contienen glicoalcaloides tóxicos, pero el fruto es seguro). Los puntos de vista de Gerard eran influyentes, y el tomate se consideró no apto para ser consumido (aunque no necesariamente tóxico) durante muchos años en Gran Bretaña y sus colonias norteamericanas. Sin embargo, en el siglo XVIII se consumió extensamente en Gran Bretaña, y antes de finales de ese siglo la *Enciclopedia Britannica* indicó que era "de uso diario" en sopas, caldos y aderezos. Los tomates se conocieron originalmente como "manzanas de amor", posiblemente basado en un inadecuada traducción del nombre italiano *pomo d'oro* (manzana dorada).

2.2.3. Distribución y hábitats.

Se distribuyen enteramente por América, vegetando en los Andes sudamericanos desde el centro de Ecuador a través de Perú y hasta el norte de Chile y en las Islas Galápagos, donde crecen las especies endémicas *Solanumcheesmaniae* y *Solanumgalapagaense*. *Solanumlycopersicum*, el ancestro silvestre inmediato del tomate cultivado, se halla distribuido más ampliamente que las restantes especies de tomates silvestres, ya que habita México, Colombia, Bolivia y otros países sudamericanos. Esta amplia distribución, cuando comparada con respecto a las otras especies relacionadas, debe haberse llevado a cabo por el ser humano en tiempos históricos. Los tomates silvestres habitan en una gran cantidad de hábitats, desde el nivel del mar hasta alturas de más de 3000 msnm, desde las áridas costas del Pacífico hasta las tierras altas húmedas de Los Andes. Numerosos valles, formados por ríos que llevan sus aguas al Pacífico, caracterizan las laderas occidentales de Los Andes. Las poblaciones de tomates silvestres crecen a diferentes altitudes en esos valles estrechos, se hallan aisladas geográficamente entre sí y están adaptadas a condiciones de suelo y microclimas muy particulares.

Esta diversidad de hábitats ha contribuido a la gran variabilidad que se puede encontrar entre los tomates silvestres (Peralta y Spooner, 2007).

2.3. Exigencias climáticas.

En el siguiente apartado abordaremos los distintos factores agroclimáticos que afectan al desarrollo del cultivo del tomate de forma independiente, para establecer sus cotas y parámetros óptimos, aunque en condiciones de campo siempre están interrelacionados entre sí, puesto que la compleja relación existente entre los distintos parámetros exige entender el agrosistema como un conjunto gobernado por una serie de variables dependientes.

2.3.1. Radiación.

La radiación solar es la fuente de energía para el crecimiento y desarrollo de las plantas y el principal insumo de su bioproductividad vegetal, está relacionada con el desarrollo vegetativo y peso de frutos aumentando ambos con el aumento de luminosidad. En nuestras condiciones de cultivo, la abundancia de días despejados, en los que la radiación directa prevalece sobre la difusa, es una característica del clima de la costa mediterránea, que, junto a sus suaves temperaturas invernales, lo diferencian del clima de otras áreas de invernaderos donde predominan la radiación difusa (días nublados), especialmente en otoño e invierno.

Tradicionalmente se pensaba que el tomate era un cultivo poco sensible al fotoperiodo, entre 8 y 16 horas, aunque requiere buena iluminación (Calvert, 1.973), estudios posteriores concretan el fotoperiodo óptimo de 14 horas, donde un fotoperiodo superior no supone ninguna mejora, e incluso puede llegar a ser perjudicial. En contraposición, iluminaciones limitadas debidas al blanqueo excesivo en el invernadero, días de invierno de pocas hojas de luz y nublado, plásticos sucios de polvo y condensación de agua, al reducir la fotosíntesis neta, implican mayor competencia por los productos asimilados, con incidencia en el desarrollo (Camacho, 2.003b), concretamente, a nivel morfológico hacen que la planta tienda a vegetar, a la etiolación de las hojas, al alargamiento de los entrenudos, al afinamiento del tallo con disminución de la fotosíntesis (Camacho, 2.003b). Desde el punto de vista de la producción conforme aumenta el sombreado disminuye el peso medio del fruto, se reduce la cantidad de ácido ascórbico y azúcares reductores presentes en el fruto .

Valores de radiación total diaria en torno a $0,85 \text{ MJ/m}^2$ son los umbrales considerados mínimos para la floración y cuajado, siendo preferible mayor iluminación en menor período de tiempo, que iluminaciones más débiles durante más tiempo. Los efectos negativos de una baja luminosidad pueden compensarse, en parte, con aumentos del contenido de dióxido de carbono (CO_2) del aire (Cooper y Hurd, 1.968).

Debido a las condiciones deficitarias de iluminación en nuestros invernaderos durante los meses de Enero y Febrero, que derivan en un gran alargamiento de los entrenudos y un marcado fototropismo de las plantas, se proponen soluciones desde distintos enfoques; Hoy días a través de la mejora genética podemos disponer de cultivares mejor adaptados para la floración y cuajado del fruto en condiciones de baja iluminación, usuales en ciclos de invierno (Van de Vooren, 1.986). Otra medida para mejorar la producción se realiza desde el manejo agronómico: la densidad de plantación, el sistema de poda y el entutorado deben optimizar la intercepción de radiación por el cultivo, especialmente en la época invernal cuando la radiación por el cultivo, especialmente en la época invernal cuando la radiación es más limitante, ya que una reducción de la radiación implica una reducción lineal de cosecha (Verkerk, 1.975).

Mejorar las condiciones de radiación en invernaderos mediterráneos artificialmente, mediante iluminación complementaria, resulta utópico por su elevado coste. Es necesario, por tanto, optimizar las condiciones radiactivas construyendo se consigue una mejora óptima de la transmisividad orientando la cubierta del invernadero de forma perpendicular a los rayos del sol en los meses de invierno con una orientación Este-Oeste y ángulos de cubierta de 45° en la cara sur y 27° en el lado norte, debido a la complejidad de este sistema y al encarecimiento de los costes, se ha adoptado una solución intermedia de 30° en la cara norte y sur. (Castilla, 2.000).

El empleo de doble capa permanente de plástico en invernadero, para mejorar las condiciones térmicas durante el invierno, genera reducciones de la radiación interior con incidencia negativa en la producción. La práctica de blanquear el invernadero, a fin de reducir las altas temperaturas en primavera, reduce la radiación; sería preferible dotar a los invernaderos de una ventilación más eficiente (ventanas cenitales) y evitar esta práctica, que reduce la radiación y, por tanto, la producción. (Castilla, 2.000).

Con la baja iluminación, la polinización será insuficiente y el tamaño del fruto menor. Hoy día, la mejora genética permite disponer de cultivares mejor adaptados para la floración y cuajado del fruto en condiciones de baja iluminación, usuales en los ciclos de invierno (Van de Vooren y col, 1.986).

Finalmente, respecto a la influencia sobre el sistema radicular, hay que decir que la luz inhibe la formación de la raíz, de ahí la importancia en la opacidad del plástico en los sustratos embolsados (Camacho, 2.003b).

2.3.2. Temperatura.

En la zona objeto de nuestro estudio, se dan unas condiciones climáticas con inviernos muy suaves, prácticamente libres de periodos de heladas, que hacen posible el cultivo durante todo el año sin necesidad de apoyos térmicos activos; empleando simplemente los invernaderos, con sus cubiertas de plásticos habituales, para los periodos más fríos (Camacho, 2.003b).

En general, podemos hablar de un óptimo de crecimiento de la parte aérea de 30°C diurnos con un termoperiodo de menos de 6- 7°C por la noche (Verkerk 1.975 citado por Camacho de F., 2.003b). Es recomendable en días de alta radiación, aumentar las temperaturas (Clavert 1.975 citado por Camacho F. 2003b). La diferencia entre las temperaturas nocturnas elevadas y diurnas bajas inducen plantas muy vegetativas, acentuándose el problema en días de baja radiación, cuando las temperaturas diurnas son elevadas, un descenso de las nocturnas puede ser beneficioso.

Temperaturas mínimas nocturnas entre 12 y 15°C son adecuadas para nuestras condiciones de cultivo (Brun y Lagier, 1.984), estas temperaturas, se alcanzan en primavera y otoño en nuestros invernaderos. En los meses de invierno las mínimas rondan más o menos los 6-8°C y en verano los 20-24°C.

Temperaturas superiores a los 30-35°C afectan a la fructificación, por mal desarrollo de óvulos, y al desarrollo de la planta en general y del sistema radicular en particular. A temperaturas superiores a 25°C e inferiores a 12°C la fecundación es defectuosa o nula. La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10°C, así como superiores a los 30°C, originan tonalidades amarillentas (Maroto, 1.995).

Diversos estudios dirigidos para determinar el óptimo de temperatura para desarrollar los frutos de mejor calidad coinciden en que cuando se cultivan los tomates a una temperatura de 16-22°C, se observa un incremento en sabor, cambios de color y más contenido en azúcar en el fruto (% Brix) (Maroto 1.995). Por el contrario, si el cultivo de tomate se ve influenciado por un régimen de bajas temperaturas, la acidez valorable se incrementa (Wadaet *al*; 1.998).

La temperatura en los invernaderos puede ser modificada por la ventilación. Esta temperatura es de vital importancia para la coloración y el contenido vitamínico del fruto, pues el licopeno que va a producir parte del color rojo del fruto, no se sintetiza a bajas temperaturas, ni por encima de 30°C. Además por encima de 40°C tampoco se sintetiza la provitamina A (Cuartero y Fernández, 1.999).

2.3.3. Humedad.

Referente a la humedad todos los autores consultados coinciden en mantener umbrales de humedad menores al 90%, pues si son superiores favorecen el desarrollo de enfermedades criptogámicas, especialmente *Botrytis* (Harper *et al*; 1.979) y además reducen la cosecha en tomate ya que al no existir un déficit de presión de vapor disminuye la transpiración, y con esta el transporte de nutrientes a los órganos sumidero desde los órganos que se comportan como fuente (Bakker, 1.990) y (Adams, 1.980). Se consideran óptimos valores del 70 al 80% (Cotter y Walter, 1.967).

Los niveles de humedad extremos afectan al polen, de modo que bajos niveles afectan a la fijación del polen al estigma (Infoagro, 2.007); mientras que niveles altos afectan a la viabilidad de este polen (Burns et al., 1.979; Drakes y Statham, 1.979), además, debido a que el polen se compacta, se produce abortando parte de las flores (Infoagro, 2.007).

En los invernaderos del sureste español, en los meses de invierno son muchos los días y las horas donde la humedad relativa es elevada, actuando sobre la ventilación para bajarla al carecer de sistemas de calefacción. La ventilación renueva el aire y con él, los niveles de CO₂, limitantes de la fotosíntesis, en nuestras condiciones de producción, en las horas de alta intensidad luminosa. Limitar la reducción de CO₂, mediante unas mayores tasas de renovación de aire, contribuyendo a limitar los extremos térmicos y excesos de la humedad del aire, es de suma importancia (Castilla 1.994, citado por Camacho F. 2.003a).

2.3.4. Riegos y fertilización.

El manejo del riego es uno de los factores que, en mayor medida, modifica la calidad del fruto, de esta forma, un exceso de agua se traduce en una reducción de los parámetros de calidad (Ho y Adams, 1.995), sin embargo, los riesgos deficitarios, así como la contención de riesgos antes de la recolección mejora la calidad de los frutos (Martin, 1.966) incrementando el contenido de sólidos solubles y incrementos en la concentración de hexosas, ácido cítrico y potasio en el fruto, adelante la floración (Wolf y Rudich, 1.988) aunque esta mejora de la calidad tiene como consecuencia directa un descenso del peso y el tamaño del fruto (Mitchell y Shennan, 1.991).

El incremento de salinidad provoca aumentos en el contenido de sólidos solubles y concentración de azúcares (Mitchell y col, 1.991; 1.993; Vespasiani, 1.995), reduce el contenido de agua del fruto (Mitchell y col, 1.991) en contrapartida produce una reducción del color (Mizrahi y col., 1.988). No disminuye el peso y tamaño del fruto (Serrano, 1.990; Mitchell, 1.991). Afecta al desarrollo del fruto acortando el periodo de crecimiento y acelerando el proceso de maduración (Wolf y Rudich, 1.988).

Los elementos constituyentes de la fertilización de las plantas de tomate con mayor influencia directa sobre la calidad del fruto son el nitrógeno, potasio, fósforo y calcio, aunque cualquier deficiencia de otro elemento, ya sea macronutriente como micronutriente, se verá reflejado en un detrimento de la parte vegetativa que se traduce en una menor producción al perder capacidad de generar fotoasimilados los órganos fuente, una planta es deficiente de un elemento mineral cuando su concentración en los tejidos disminuye por debajo de los niveles que permiten un desarrollo normal.

Se ha demostrado que los excesos de nitrógeno afectan negativamente a la calidad del fruto, dando lugar a frutos más blandos y frágiles, con menor riqueza con azúcares, estos frutos, son más difíciles de conservar a la vez que aumenta la sensibilidad de la planta al ataque de parásitos y virus (Urbano, 1.992). Las deficiencias de nitrógeno se traducen en frutos más pequeños con maduración prematura (Pellicer y col. 1.998).

El potasio tiene una implicación directa en la calidad del fruto de tomate, mejorando el color y sabor, adelanta la maduración, aumenta la firmeza de los frutos (Serrano, 2.000).

Una correcta fertilización fosfórica se traduce en un estímulo del crecimiento y precocidad en el desarrollo del fruto (Pellicer y col. 1.998).

El calcio es un elemento vital en la fertilización del tomate, la deficiencia de calcio tiene un síntoma característico en el fruto conocido como *BlossomEndRot*, siendo una de las principales fisiopatías del fruto y que provoca mayores pérdidas de producción comercial (Pellicer *et al*; 1.998).

2.4. Tipo y variedades de tomate para consumo fresco.

Existe una diversidad tan amplia en lo que a características, forma de fruto, porte y calibre del fruto de los distintos cultivares se refiere, que resulta complejo acogerse a una clasificación que agrupe de forma clara todos estos conceptos, para hacer una clasificación que represente claramente el abanico de variedades disponibles para consumo fresco, reunimos de forma breve los tipos más comunes en Almería, centrándonos en las características del fruto. La descripción de aquí se presenta se ha realizado a partir de las clasificaciones de las distintas casas de semillas que trabajan en la provincia de Almería.

- **Canario:** (incluyendo tipos Daniela, Boludo, etc.): Este tipo de híbridos añade a la alta productividad y resistencia a las enfermedades la característica de larga conservación de los frutos gracias a la presencia del gen *Rin*, el tamaño varía entre los calibres MG.
- **Ramo** presentan la principal característica de tener la maduración agrupada en el ramo. Son variedades que generalmente presentan un escaso número de frutos por ramillete, siendo la forma y el peso de los frutos variable, se buscan las siguientes características: frutos de calibre M, de color rojo vivo, insertos en ramilletes en forma de raspa de pescado.
- **Pera**, es un tipo de tomate procedente de tipos San Marzano o tomate de industria, las plantas de porte indeterminado, presentan frutos de forma alargada cuyo peso oscila entre 100 y 200 g.
- **Marmande:** El fruto suele ser achatado, multilocular y muy acostillado, aunque también los suele haber de forma redondeada. Generalmente presentan hombros, a veces muy marcados. Muestra tres comportamientos distintos en sus cultivos de otoño, invierno y primavera. En otoño el fruto es achatado y redondeado y tiene una dureza aceptable. En invierno es achatado y muy apostillado con un color verde oscuro y hombros muy marcados en verde, siendo su momento de mayor aprecio por el mercado. En primavera es achatado y muy liso perdiendo su color, debido a las temperaturas que alcanzan los invernaderos en verano pierde su color y consistencia.
- **Gruesos:**
 - **Liso:** se caracterizan por madurar de dentro hacia fuera, caracterizadas por un color verde o pintón.
 - **Tipo Beef:** Frutos de forma ligeramente achatada, muy multiloculares y de gran tamaño, tradicionalmente se caracterizaban por tener poca consistencia, aunque ese problema se ha solventado con la introducción de genes de larga vida. Son plantas indeterminadas, vigorosas hasta el 6º o 7º ramillete, que pierden mucho vigor coincidiendo con el engorde de los primeros ramilletes.
- **Cherry y Cocktail:** Plantas de crecimiento indeterminado, generalmente vigorosas, con un número de frutos por racimo que es muy variable, oscilando entre 15 y más de 50, con inflorescencias muy largas. Frutos de piel fina con tendencia al rajado y de poco peso, variable desde unos pocos gramos hasta 30g.

- Especialidades (Mini peras): son variedades a medio camino entre los tomates tipo pera y los cocktail, de crecimiento indeterminado y con un número de frutos por ramo que oscila entre 15 y 30 frutos.



Figura 6. Variedades de tomate. Fuente: (http://www.ethno-botanik.org/Startseite_esp)

2.5. Ciclos de cultivos en Almería.

Podemos diferenciar 3 ciclos que se ajustan aproximadamente a las fechas a continuación indicadas.

- Ciclo de otoño: tiene su siembra en el mes de Julio, o su trasplante en el mes de Agosto, empezando las primeras recolecciones en noviembre y acabando a final de enero o en febrero. Se despunta la cabeza (el meristemo apical) entre el 6º y el 8º ramillete. Es un ciclo que da opción a un cultivo de primavera detrás de él, bien un nuevo tomate o una plantación de melón, sandía, calabacín o judía. La variedad a elegir, deberá tener buena aptitud para cuajar con calor. Las producciones en este ciclo rondan los 7-9 kg/m², es lo normal a un marco de plantación de entre 1 y 1,5 m entre líneas, por 0,5 m entre gotero.
- Ciclo largo: un ciclo único, que se trasplanta entre finales de agosto y todo septiembre, para iniciarse la recolección a final de noviembre y diciembre, obteniéndose las máximas producciones en enero y febrero (entre 3 y 4 kg · m⁻² · mes⁻¹), disminuyendo en marzo y abril (frutos de menor calibre, problemas de cuaje, etc., con producciones (entre 2 y 3 kg · m⁻² · mes⁻¹), y recuperándose la producción y calidad en mayo, para acabar el ciclo en junio. La producción de este ciclo ronda los 12 – 16 kg · m⁻². La densidad de plantación es de 1 a 1,6 kg · m⁻² con marcos que varían entre 1,3 y 2 m entre líneas y 0,5 a 0,7 m entre planta.
- Ciclo de primavera: trasplante en el mes de enero, por lo que complementa a un ciclo de otoño. Es un ciclo corto, donde se despunta a la planta cuando tiene entre 6 u 8 ramos. Las primeras recolecciones se realizan a final de abril, acabando el cultivo a final de junio. La producción de este ciclo puede alcanzar los 8-10 kg m⁻². Las densidades y marcos de plantación son similares a las de ciclo de otoño.

2.6. Desarrollo del fruto de tomate.

El crecimiento del fruto de tomate en el tiempo, desde la fecundación del ovario hasta la maduración sigue una curva sigmoideo con tres etapas (Ho y Hewitt, 1.986; Pavel y Dejong, 1.995), curvas características más importantes, así como los procesos fisiológicos que acontecen en cada una de ellas se resume a continuación.

El primer periodo de crecimiento lento dura 2 ó 3 semanas y cuando termina el peso del fruto es inferior al 10% del peso final. El crecimiento en este período se caracteriza, por un lento crecimiento en peso fresco, se produce un fuerte incremento de la acumulación diaria de materia seca y la tasa de incremento de volumen alcanza un máximo hacia final de la primera semana disminuyendo después bruscamente. (Ho y Hewitt, 1.995). Los principales procesos que gobiernan este periodo son una división celular que dura hasta 7-10 días después de la antesis, seguida a continuación de un proceso de elongación celular, y la importación de asimilados por el ovario aumenta considerablemente durante los dos días posteriores a la polinización (Archbold et al., 1982 Citado por Nuez 2.001).

El segundo período, de crecimiento rápido, dura de 3 a 5 semanas, y se prolonga hasta el inicio de la maduración. Hacia la mitad de este período, unos 20 a 25 días después de la antesis, la velocidad de crecimiento es máxima (Ho et al, 1.983) y al final del mismo, el fruto ha alcanzado prácticamente su máximo desarrollo. Durante esta etapa se produce un rápido incremento de peso fresco (Hewitt y Stevens, 1.981) el crecimiento del fruto se produce por aumento del tamaño de las células preformadas; el tamaño de las vacuolas aumenta extraordinariamente y comienza a acumularse almidón, ácidos orgánicos y otros componentes que, posteriormente, darán lugar a las características típicas del fruto maduro. La elongación del pericarpo está afectada por el desarrollo de las semillas, el equilibrio de estos dos procesos determina el llenado de los frutos. Hacia la mitad de este periodo, la acumulación diaria de peso fresco y peso seco alcanzan su máximo.

Finalmente hay un tercer período de crecimiento lento, de unas dos semanas, en el que el aumento en el peso del fruto es pequeño pero se producen los cambios metabólicos característicos de la maduración. La importación de asimilados por el fruto termina unos 10 días después del inicio del cambio de color, ya avanzado el proceso de maduración, debido a la formación de la capa de abscisión entre el cáliz y el fruto. (Nuez, 2.001).

El tomate es un fruto climatérico, es decir, al iniciarse la maduración, la respiración aumenta así como la producción de etileno, que conlleva a enzimas como la poligalacturonasa (PG) y celulasa el ablandamiento de la pared celular, (textura más blanda) y los azúcares (que son el 65% de los sólidos solubles) aumentan, principalmente como glucosa y fructosa. La acidez máxima suele coincidir con el estado de color rosado, siendo el cítrico y málico los ácidos predominantes. El color verde es debido a la clorofila y con la maduración, ésta se degrada sintetizándose pigmentos amarillos del tipo xantofila y β -carotenos, alcanzando finalmente un color rojo el fruto maduro por acumulación de licopeno. (Camacho, 2.003).

2.7. La calidad del fruto.

2.7.1. Introducción.

Para la Real Academia Española de la Lengua, Calidad es la propiedad o el conjunto de propiedades inherentes a una cosa que permiten apreciarla como igual, mejor o peor que las restantes de su especie. La palabra «calidad» proviene del latín *qualitas*, que significa atributo, propiedad o naturaleza básica de un objeto. Sin embargo, en la actualidad y en sentido abstracto su significado es «grado de excelencia o superioridad» (Kader, 1985). Aceptando esta definición, se puede decir que un producto es de mejor calidad cuando es superior en uno o varios atributos que son valorados objetiva o subjetivamente.

En términos del servicio o satisfacción que produce a los consumidores, podríamos también definirla como el “grado de cumplimiento de un número de condiciones que determinan su aceptación por consumidor”. Se introduce aquí un carácter subjetivo, ya que distintos consumidores juzgarán con un mismo producto de acuerdo con sus preferencias personales.

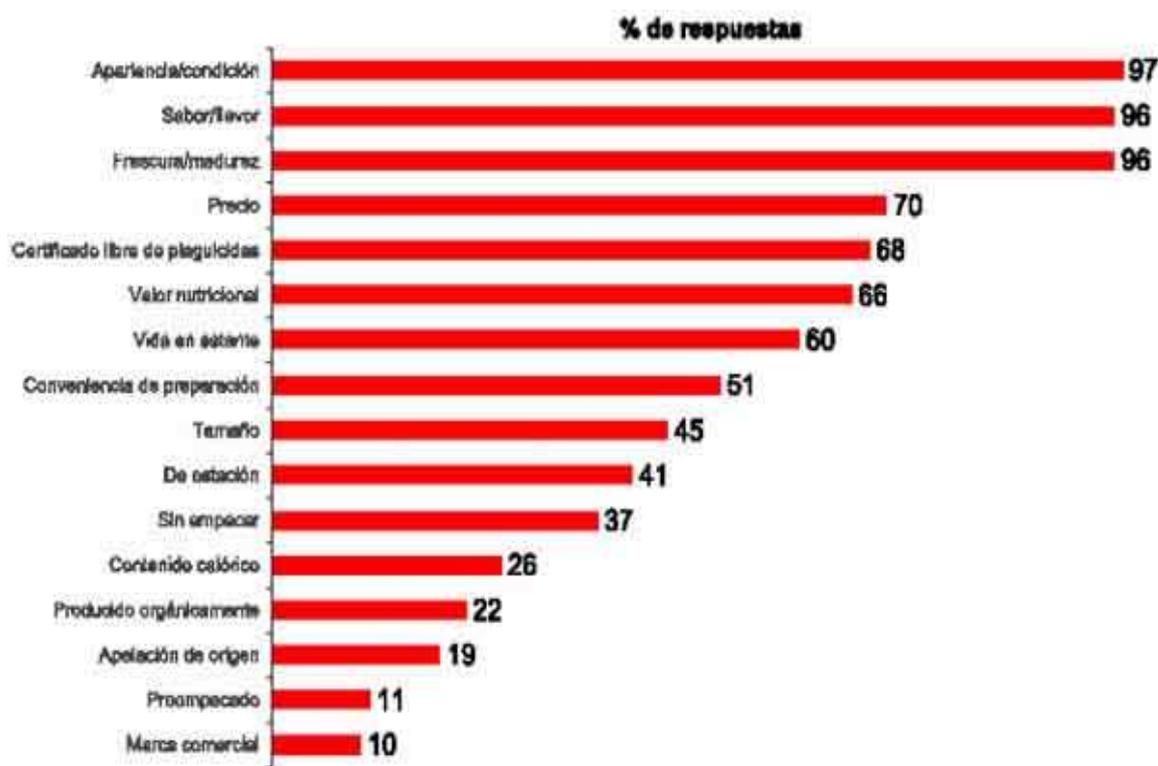


Figura 7. Porcentaje de respuestas de consumidores calificando como extremadamente importante o importante a cada uno de los aspectos cualitativos de las frutas y hortalizas (Reproducido de Tronstad, 1995). Fuente: (<http://www.fao.org/docrep/006/Y4893S/y4893s08.htm>)

Del mismo modo una definición más acorde para nuestro ámbito es la definida por Sánchez (1993): Calidad es el grado con el que un producto satisface las necesidades y exigencias de un comprador y por extensión de un consumidor (González, 2001).

La calidad es una percepción compleja de muchos atributos que son evaluados simultáneamente en forma objetiva o subjetiva por el consumidor (Figura 8). El cerebro procesa la información recogida por la vista, olor y tacto e instantáneamente lo compara o asocia con experiencias pasadas y/o con texturas, aromas y sabores almacenados en la memoria. Por ejemplo, con sólo mirar el color de un tomate, el consumidor sabe si el fruto está inmaduro y que no posee buen sabor, textura o aroma. Si el color no es suficiente para evaluar la madurez, utiliza las manos para medir la firmeza u otras características perceptibles. El aroma es un parámetro menos utilizado salvo en aquellos casos como el que nos ocupa en el que está directamente asociado a la madurez como en el caso de otros frutos como el melón y otros.

Hoy en día, el concepto de calidad se ha convertido en una exigencia antes que un objetivo. A lo largo del siglo XX, la agricultura, y en particular la horticultura han experimentado cambios sustanciales, que orientadas hacia una consecución de elevados rendimientos hoy día permiten al mismo tiempo aproximarse a estándares de calidad, cuya evolución es dependiente del propio conocimiento y desarrollo cultural de las sociedades demandantes de hortalizas y de su propia capacidad para, a través de la regulación del precio, incidir directamente sobre la rentabilidad de las cosechas (Fernández, 2001). El término calidad es bastante impreciso y en realidad debería ser utilizado de forma exacta dependiendo del uso que vaya a tener el fruto y quien sea el consumidor (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999).

Sin embargo, la agronomía se basa en el cultivo y manejo de comunidades vegetales, que en definitiva, no son sino seres vivos, y como tales, los órganos aprovechables por los que se cultivan se encuentran sometidos a una “variabilidad natural”, y al propio resultado de la interacción entre el genotipo y el ambiente, en el que es obligado incluir técnicas culturales.

El concepto de calidad es complejo ya que la calidad de un producto viene determinada por la combinación de todas sus propiedades físicas, químicas y sensoriales y también es relativa ya que esta combinación de propiedades debe ser tal que sea aceptable por el consumidor. Por lo tanto como vemos, la noción de calidad, a la vez de compleja es relativa.

2.7.2. Parámetros que definen la calidad del fruto.

Cuando hablamos de calidad de un fruto, y en nuestro caso del tomate, estamos refiriéndonos a un gran número de parámetros que en conjunto determinan que el tomate sea apto para el consumo, admitiéndose como usuales los parámetros como el sabor, aromas, calibre, firmeza, sólidos solubles, acidez, etc. (Casas *et al*; 1993).

Tabla 4. Parámetros que definen la calidad del fruto.

Parámetros
Sabor
Aromas
Calibre
Firmeza
Sólidos solubles
Etc.



Figura 8. La percepción de la calidad por el consumidor. Fuente: (<http://www.fao.org/docrep//.htm>)

El consumidor aprecia la calidad en tres pasos, que serían: calidad comercial o externa, que es la que el consumidor observa antes de realizar la compra (color, forma, tamaño, consistencia, estado de madurez, presentación...), calidad organoléptica o interna, que es aquella que el consumidor detecta cuando está consumiendo el producto (aroma, sabor, textura...) y finalmente calidad nutritiva (efectos sanitarios y nutritivos beneficiosos o perniciosos) que el consumidor no la apreciaría sino después de un tiempo de consumo (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1996)

La calidad de un tomate depende fundamentalmente de su aroma, su consistencia y su sabor. El tomate encierra en sus rojas carnes todos los nutrientes esenciales. Es también un auténtico fármaco de huerta carente de efectos secundarios y riesgo de sobredosis que ayuda al organismo en muchas de sus funciones vitales. Es rico en vitaminas C y A (carotenoides), lo que le convierte en un protector de lujo frente a los primeros rayos del sol. Además, contiene vitaminas del grupo B, K y PP.

El tomate también atesora una buena colección de minerales, en especial hierro, fósforo, calcio, manganeso, magnesio, cobre, potasio, zinc y sodio. Otro de sus atributos son los carotenoides no provitamínicos, como el licopeno. Esta sustancia, responsable de su peculiar color, tiene propiedades antioxidantes y protege frente a numerosos tipos de cáncer (estómago, vejiga, pulmón, próstata, colon, mama, esófago, páncreas, etc.). Además, el licopeno previene la arterioesclerosis. La presencia del glutatión, un tripéptido compuesto de glicina, cisteína y ácido glutámico, le confiere un poder antioxidante intracelular. Este ingrediente favorece también la depuración de productos tóxicos e impide la acumulación de metales pesados, como el plomo. Otro de sus componentes estrella son los flavonoides. Se trata de unos pigmentos fenólicos que toman parte en el mantenimiento de la integridad de la pared celular, haciéndola menos frágil y permeable, con propiedades antioxidantes y eliminadoras de radicales libres.

La creciente demanda de mayor calidad en los productos, en un mercado prácticamente saturado durante buena parte de año, impone la adecuación de la oferta a dichos niveles de calidad (Castilla, 1994)

2.7.3. Calidad comercial.

La calidad comercial se refiere a los aspectos evaluados a la hora de comercializar el producto: tamaño, color, firmeza, calibre y uniformidad (Cuartero *et al* 1995; Cuartero y Fernández-Muñoz, 1996).

- Tamaño del fruto y calibre.

El tamaño es un criterio importante de calidad que se puede determinar. Según Chamarro (2001) el tamaño del fruto de tomate está estrechamente relacionado con el número de semillas (varía entre 50 y 200) y el número de lóbulos. La correlación entre el número de semillas y el peso final del fruto es significativo para cada cultivar, pero las relaciones son distintas entre racimos de la misma planta, dependiendo también de las condiciones de cultivo. Se considera que el crecimiento del pericarpio, está relacionado positivamente con la actividad de auxinas en el fruto, mientras que el crecimiento del tejido de la cavidad locular está afectado por el desarrollo de la semilla.

Las exigencias de estos valores son muy variables según los mercados a los que vayan dirigidos los productos. Por ejemplo, el mercado francés prefiere frutos de calibre comprendido entre 57 y 77 mm mientras que en el Reino Unido el mercado se decanta por frutos menores entre 37 y 57 mm. Otro ejemplo, concerniente a tomate en racimo hace referencia a la predilección del mercado estadounidense por tomates calibre G, mientras que el mercado británico se decanta por calibres M y MM (Fernández, 2001).

-Color.

Usualmente el tomate se consume con su máxima calidad organoléptica, que se presenta cuando el fruto ha alcanzado por completo el color rojo, pero antes de un ablandamiento excesivo. Por tanto, el color en tomate es la característica externa más importante en la determinación del punto de maduración y de la vida poscosecha y un factor determinante en la decisión de compra por parte de los consumidores. El color rojo es el resultado de la degradación de la clorofila, así como de la síntesis de cromoplastos (Fraser *et al.*, 1994). Los cambios de color que experimenta durante su maduración son producto de importantes variaciones fisiológicas y bioquímicas de sus tejidos, en los que están implicados profundos cambios en los cloroplastos con

pérdida de su capacidad fotosintética, degradación progresiva de las clorofilas junto con la existencia de niveles variables de pigmentos carotenoides (Romero *et al.* 1988). Los procesos fisiológicos que conducen a la maduración del tomate implican profundos cambios a nivel de cloroplastos que se manifiestan por la degradación de las clorofilas y la variación de los contenidos en diversos carotenoides, responsables de los cambios de color, según especifican Thomson *et al.*, (1965). Está generalizado por la investigación, y en este criterio coinciden, Kostikalo y Ormrod (1972) y Watada *et al.* (1966), que el β -caroteno y licopeno son, con notable diferencia sobre los demás, los pigmentos carotenoides predominantes en tomate y responsables de su coloración. El color debe ser uniforme, existiendo una amplia gama de matices de color entre verde y el rojo. En España, era tradicional la distinción entre verde, pintón y maduro (rojo), al alcanzar la madurez. Hoy existen numerosas escalas de color que son de muy difícil aplicación práctica (Grierson y Kader, 1986).

Gran parte del esfuerzo investigador se ha dirigido al empleo de mutantes que intensifican el color (Gen *hp*). Sin embargo este gen lleva asociados efectos negativos tales como reducción del vigor de semillas y plántulas, fragilidad de tallos, y almacenamiento precoz (Montero, 1999). Otro mutante de interés es el gen *ogc* que incrementa la cantidad de licopeno a expensas del beta-caroteno. Estas líneas de mejora no han conseguido superar los efectos adversos de *hp* y por lo tanto no han producido cultivares comerciales (Nuez, 2001).

Se han citado numerosas escalas o “cartas” de color para realizar la clasificación subjetiva del estado de maduración. La comparación del color de los frutos con estas “cartas” es el método más utilizado en clasificación de tomates. Estas escalas definen diferentes estados de maduración, entre seis y doce, en una progresión desde tomate verde a tomate rojo, especificando tanto de forma gráfica como descriptiva las distintas clases (Riquelme, 2001).

Los sistemas de cartas de colores son de interpretación subjetiva y requieren la intervención humana, por lo que están sometidos a variaciones entre operarios, como dentro del mismo operario. Esto ha determinado la aparición de métodos objetivos de color, mediante la reflexión, con una aplicación práctica en las líneas de manipulación, y por transmisión (Riquelme, 2001).

- **L** es una medida de la luminosidad del color, mide la luz reflejada por la muestra y varía desde 0 (negro) a 100 (blanco).
- **a** mide la diferencia de luz reflejada por la muestra entre la zona roja y verde del espectro. Valores negativos de **a** indican color verde y valores positivos, color rojo.
- **b** mide la diferencia de luz reflejada por la muestra entre la zona amarilla y azul del espectro. Colores azules tienen valores de **b** negativos, mientras que valores positivos se corresponden con colores amarillos.

Con este método Gormley y Egan (1978) propusieron el empleo de la relación rojo/amarillo (*a/b*) para establecer el grado de maduración de los tomates (Riquelme, 2001).

Por lo tanto es el parámetro que más influye en el consumidor a la hora de comparar, siendo el principal parámetro de calidad total (González 2001).



Figura 9. Muestra de distintas tonalidades de tomate durante el ensayo.

- Firmeza.

La firmeza es un parámetro que mide la resistencia de penetración de los tejidos del fruto. Este es un factor importante ya que los consumidores desean que los tomates permanezcan consistentes al alcanzar la coloración de consumo (Riquelme, 2001).

Las sustancias pécticas forman parte de todos los tejidos de las plantas superiores, tanto en las paredes celulares como solubilizadas en los jugos vegetales, Poovaiah *et al* (1979) encontraron que, en frutos de tomates la dureza de los mismos estaba estrechamente relacionada con el contenido en pectinas totales. Así mismo, Belli-Donini y Stornaiulo (1986), indican los procesos de transformación de las sustancias pécticas, determinantes en el reblandecimiento de los frutos durante su maduración (Citados por López-Andreu *et al* 1988). La reducción de la firmeza en los frutos es una consecuencia de la actividad enzimática poligalacturonasa (PG) sobre las pectinas y las paredes celulares, provocando cambios en las características de los tejidos que conducen al ablandamiento, esta enzima aparece progresivamente en el proceso de maduración mientras que en los frutos verdes no existen (Riquelme, 2001).

La firmeza del tomate se puede evaluar por métodos objetivos, aplicando procedimientos destructivos que miden la resistencia que ofrecen a la penetración, corte o compresión, pero se prefieren técnicas no destructivas (Riquelme, 2001). El mantenimiento de la firmeza del fruto una vez cosechado es de gran importancia para la comercialización en fresco, existiendo diferencias significativas entre la firmeza en función del cultivar, zona de producción y tipo de cultivo. Estas diferencias aumentan al considerar la evolución postcosecha a temperatura ambiente (20°C) que en muchos casos reduce la comercialización a un periodo de siete días o menos (Gormley y Egan, 1978). Una práctica muy habitual es recolectar muy tempranamente los frutos, y aunque se gane en firmeza y mejora del transporte, se pierde sabor, aromas y contenido nutricional. Se puede mejorar la firmeza de los frutos mediante el manejo del riego y el abonado (Cuartero y Fernandez, 1996).

Otro factor a considerar es la disminución de la firmeza desde la recolección hasta que estos estén a disposición del consumidor, en la tabla 5 se puede ver los valores de firmeza mínimos en la comercialización del tomate.

Tabla 5. Valores mínimos de firmeza (Kg.cm²) en la comercialización del tomate (Riquelme, 2001).

Fase de la comercialización	Firmeza (Kg.cm ²)
En el campo	3
Mercado mayorista	2
Consumidor (en casa)	0,7

Kaderet *al* (1978) han relacionado las medidas objetivas con una escala de clasificación subjetiva basada en la presión de los dedos (tabla 6), obteniéndose una elevada correlación con los valores obtenidos mediante distintos sistemas objetivos de evaluación.

Tabla 6. Escala de clasificación para la firmeza de los frutos de tomate según Kader y Morris (1976).

Puntuación	Clase	Base de la descripción	
		Base de la descripción	Características del corte
9	Muy duro	-El fruto no cede ante una presión.	-No hay pérdidas de jugo o semillas Importante cuando se corta.
7	Duro	-El fruto cede, solo un poco, ante una presión importante.	-No hay pérdidas de jugo o semillas cuando se corta.
5	Firme	-El fruto cede un poco ante una presión moderada. -El fruto cede fácilmente con una ligera presión.	-Se separan algunas gotas de jugo y/o semillas al realizar el corte.
3	Blando	-El fruto cede muy fácilmente ante un aligera presión.	-Se desprende algo de jugo y/o semillas al realizar el corte.
1	Muy blando		-Se separa la mayor parte de jugo y de las semillas al realizar el corte.

-Acidez total y pH.

La acidez de los frutos, es un dato esencialmente constante en cada especie, debido a una serie de equilibrios químicos que mantiene tamponado el jugo celular (Ulrich, 1970), pero que se puede ver alterado, en alguna medida, por la influencia de factores nutricionales. Esta acidez se debe tanto a ácidos orgánicos como inorgánicos, entre los que cabe destacar los ácidos ascórbico, cítrico, málico y fosfórico, que aportan alrededor del 93% de la acidez valorable.

El pH nos indica la concentración de protones hidrogeno, cuya cantidad está controlada por muchas reacciones químicas y microbiológicas. El expresar la concentración de hidrogeno en moles sería muy engorroso, por lo que utiliza la escala desarrollada por Sorensen, la comúnmente utilizada (González, 2001).

Existen dos métodos principales para su medida. Uno de ellos es el método colorímetro, que usa una solución indicadora que produce unas características de color que dan el calor del pH, al compararlo con un control conocido. Es necesario utilizar varios indicadores para cada valor de pH, pues cada uno muestra un color. Este método no es muy fiables en frutos muy coloreados, ya que se enmascara la apreciación del indicador; y el otro método que es el más usado consiste en la medida del pH por potenciales entre dos electrodos cuando se emerge en una solución (González, 2001).

El voltaje es una medida de la actividad de los iones hidrógeno, y cada cambio unitario en el valor del pH corresponde a un cambio de 0,059 voltios. Para poder realizar la determinación, es preciso que el fruto, en nuestro caso los tomates, tengan suficiente jugo para la medición correcta (González, 2001).

El tomate está considerado como un fruto ácido y, con un pH comprendido entre 4,6 y 3,7 normalmente (Wilbur y Gould, 1983).

Los factores más importantes que pueden afectar a los valores del pH son: cultivar, grado de maduración, variaciones durante el crecimiento del fruto, lugar geográfico de desarrollo, prácticas y transporte previo al procesado, contenido en sales, etc. Con alta temperatura, la acidez del fruto es menor, lo que desmerece su sabor (González, 2001).

-Sólidos solubles.

Los azúcares constituyen la mayoría de los sólidos solubles en las variedades comerciales de tomate, con valores del 1,5% al 4,5% del peso seco del fruto, lo que equivale al 65% de los sólidos solubles totales (Yelleet *al.* 1988). La glucosa y la fructosa son los principales azúcares presentes (Grierson y Kader, 1986; Young *et al.* 1993).

Para el consumo en fresco lo que se va buscando es el aroma y sabor del tomate, mientras que para tomate de industria, el parámetro económico más importante es el contenido en sólidos solubles totales. Estas características están íntimamente relacionadas, ya que los azúcares solubles fructosa y glucosa (50%) y los orgánicos cítrico y málico (13%) son los componentes mayoritarios de los sólidos solubles y sus concentraciones dependen del aroma y el sabor, estas características pueden ser mejoradas actuando en los parámetros medioambientales, la introducción de características genéticas y técnicas culturales.

Es bien conocido que cuando la disolución nutritiva es de elevada salinidad, aunque el rendimiento productivo del cultivo es menor, la calidad aumenta. Esto viene definido entre otros factores por que el contenido sólidos solubles del tomate aumenta cuando se utilizan salinidades altas (Adams 1992).

La concentración de sólidos solubles aumenta regularmente desde el estadio verde maduro hasta la plena maduración. Además cuando los frutos se almacenan el contenido en sólidos solubles va aumentando, debido a la madurez de los frutos (Moccia *et al.* 1997).

2.8. Desinfección del suelo. Bromuro de metilo, problemática y retirada.

El Bromuro de Metilo (BM) ha sido ampliamente utilizado en el mundo abarcando múltiples usos que incluyen la fumigación de suelos, fumigación de granos almacenados, tratamientos para organismos de cuarentena, tanto de exportación como de importación, y la fumigación de estructuras y edificios, conocida como "fumigación estructural" (Barre *et al.* 2006). Se debe resaltar que de la cantidad total de producto aplicado al suelo, se pierde en la atmósfera aproximadamente un 87% en tan solo siete días y, al alcanzar la estratosfera, sufre una foto-oxidación, liberando átomos de bromo que son responsables de la reducción total de ozono (Ohret *et al.* 1996). En el trabajo de Yago *et al.* (1993) se destaca la elevada eficiencia de la destrucción de ozono mediante bromo a través de la reacción $ClO + BrO \rightarrow Br + Cl + O_2$, así como el potencial de destrucción del ozono por átomos de bromo en la estratosfera, que puede ser entre 30-60 veces la de un átomo de cloro. Debido a estos problemas de destrucción de la capa de ozono estratosférico el Protocolo de Montreal, creado en 1987, para el estudio de las sustancias que agotan la capa de ozono del Programa de Naciones Unidas (NNUU) de Medio Ambiente (PNUMA), mediante la enmienda de Copenhague de 1992, incluyó el BM en la lista de sustancias que agotan la capa de ozono estratosférico (Barre *et al.* 2006).

Posteriormente, en 1995 en la reunión de Viena, se introdujeron medidas de control aplicables a países en desarrollo, así como un calendario de eliminación. En 1995 se realizó así mismo por el comité de Alternativas Técnicas al BM (MBTOC, MenthylBromideTechnicalOptionsCommittee), un informe de evaluación MBTOC (1995), que aportó una visión global de la situación del BM y sus alternativas.

En la Novena Reunión de las Partes del Protocolo celebrada en Montreal en 1997, se desarrolló la Enmienda de Montreal con un programa mundial con fecha de eliminación del BM el 1 de enero de 2005 en el caso de los países desarrollados (Países no Art.5), y el 1 de enero de 2015 en el caso de países en vías de desarrollo (Países Art.5). También se acordó un programa de reducción del uso del BM hasta su plena eliminación, salvo en casos muy concretos, como por ejemplo, lo QPS ("Quarantine and Pre-shipment, cuarentena y pre-embarque) o los denominados usos críticos" (CUN's Critical Use Nomination), moratorias temporales para aquellos sectores en los que se demuestre que no hay alternativa al BM (Barre, 2006).

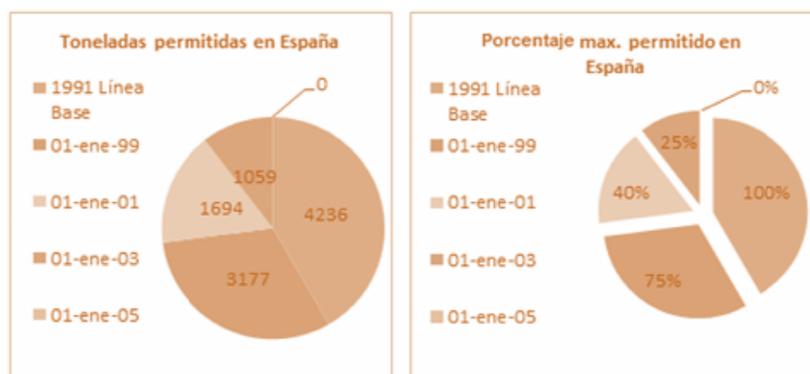


Figura 10. Toneladas y porcentaje máximo permitido en España. Fuente: (<http://triplenlace.com/2012/02/27/solarizacion-y-biosolarizacion-alternativas-ecologicas-al-bromuro-de-metilo-para-la-desinfeccion-de-suelos/>)

España estimó en 1995 un consumo de BM para usos agrícolas de 4.238,56 t, según encuesta afectada entre las Comunidades Autónomas por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) (Noval, 2004). A partir de esta fecha estas cantidades han experimentado una evolución decreciente, tanto en los relativo a los tipos de cultivos para los que utiliza el BM, áreas geográficas en las que practicaba la fumigación con BM, como en las cantidades (dosis y formulaciones) que se utilizan por unidad de superficie en los cultivos para los que no se había encontrado una alternativa o sistema alternativo eficaz. Los consumos de BM en 1995 incluyen los de los cultivos de tomate (Alicante, Almería, Murcia), patata (Valencia), judías verdes (Almería), sandía (Almería, Valencia), calabacín (Almería), melón (Almería), pepino (Almería), zanahoria (Cádiz), otras hortalizas (Cádiz, Valencia, Barcelona), flor cortada (Cádiz, Sevilla, Barcelona), pimiento (Murcia, Alicante, Almería), producción de fresa (Huelva, Barcelona, Mallorca), viveros de fresa (Segovia, Ávila, Navarra, Palencia, Huelva, Valladolid) y algún uso menor en cítricos (Belloet *al.* 2007).

A partir del 1 de enero 2005 quedó prohibida la utilización del BM en agricultura en España, salvo para los usos definidos como críticos para el país, que fueron de 1.059 t (Bello y Díez-rojo 2004).

Los usos críticos asignados a España, disminuyeron en cantidad hasta el año 2008 donde a España sólo se le asignaron 200,176 t, principalmente para los viveros de fresa de altura. El Diario Oficial de la UE publicó la decisión de la comisión de 25 de marzo de 2008 por la que se determinan las cantidades de BM que se pudieran usar en la UE desde el 1 de enero al 31 de diciembre de 2008, de conformidad con el reglamento (CE) nº 2037/2000 sobre las sustancias que agotan la capa de ozono, retirándose definitivamente de su uso el año 2009.

Analizando las solicitudes de Usos Críticos de BM para los países desarrollados (figura 12) , observamos que en el año 2011, EE UU es el país que pide para la gran mayoría de cultivos en los que los utilizaba antes de que se aprobase su retirada. Destaca la petición de 292,751 t por parte de EE UU para el cultivo de tomate, por ser el único País no-Artículo 5 que lo solicita y la de Israel para el control de Jopo (12,500 t) en el año 2010 por no especificar el cultivo para el que se solicita. A su vez EE UU solicita 195,698 t para cucurbitáceas en el año 2011 sin especificar a qué especie van a ir destinadas. Japón, el tercero de los países que mayores cantidades ha solicitado para el 2011, ha elaborado un plan de acción para que su eliminación ocurra en el año 2013, mientras que ni en EE UU ni en Israel se lo han planteado. Este último país todavía no realizó ninguna petición para 2011, pero toda la información existente parece indicar que lo hará. La producción de fresas en EE UU parece ser todavía unos de los cultivos para los que todavía no se han encontrado

alternativas, solicitando 812,709 t para el año 2011, mientras que Israel no ha determinado aún la cantidad que necesita. Por último, Japón sigue solicitando “Usos Críticos” en los cultivos de pimiento y pepino para problemas de virus transmitidos por hongos del suelo. Para la eliminación total del BM como fumigante del suelo se deberían tener más en cuenta los años de experiencia en la búsqueda de alternativas y tratar de seleccionar alternativas similares a las que se vienen utilizando en aquellos países donde se ha dejado de utilizar BM como fumigante de suelos. Al igual que ocurre con el BM, muchos de los fumigantes que se pueden utilizar en agricultura están regulados y algunos de los más efectivos se ha prohibido su uso por que causan problemas ambientales (Gullino *et al.* 2003).

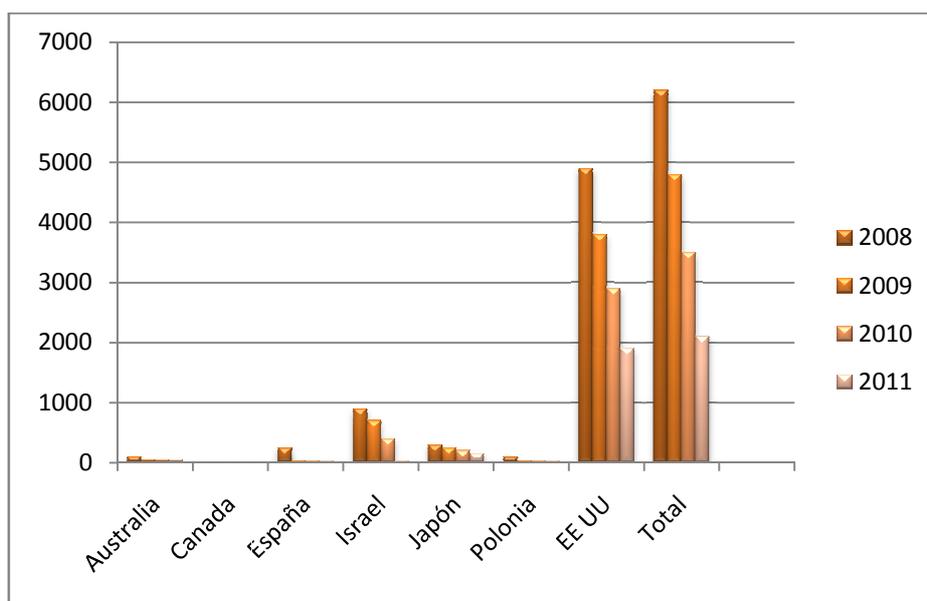


Figura 11. Solicitudes de Usos Críticos de BM (t) por países desarrollados para los años 2008, 2009, 2010 y 2011. Elaboración propia a partir de datos obtenidos por ec.europa.eu/eurosta

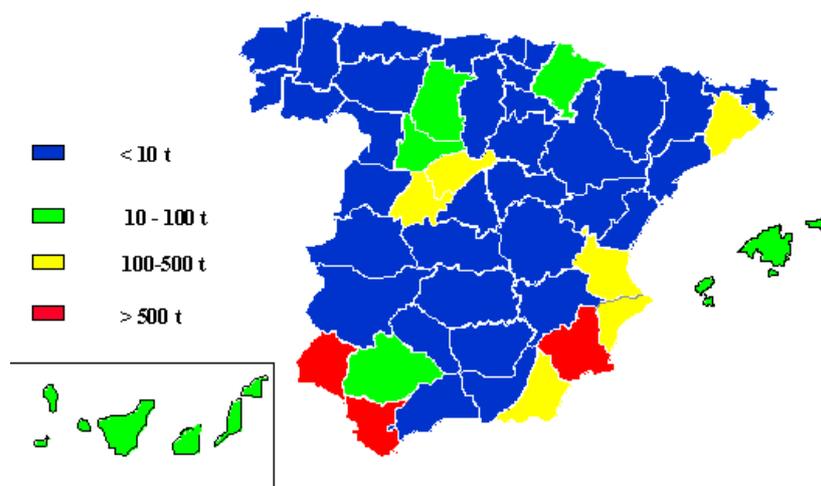


Figura 12. Distribución del consumo de Bromuro de Metilo en España antes de su retirada en el año 2005 Fuente: (<http://www.serina.es/empresas/aecientificos/intereshtml/biofumigacion/alternativas.htm>)

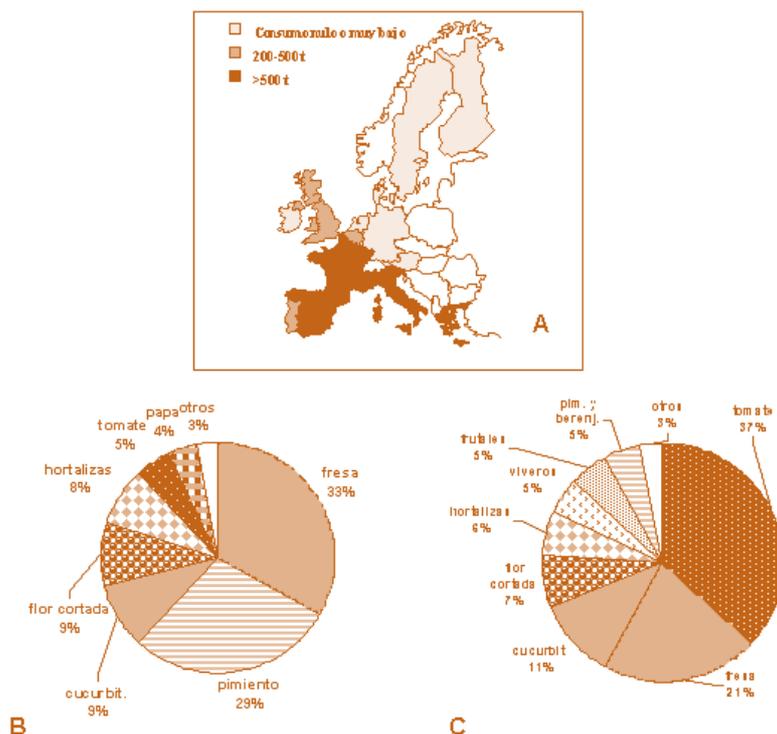


Figura 13. Consumo anual de BM en la UE por países [A], en España [B] y la UE [C] por cultivos antes de su retirada en 2005. Fuente: (<http://www.rapaluruaguay.org/organicos/articulos/solarizacion.html>).

2.9. Biofumigación y Biosolarización como alternativas al BM.

Son técnicas físicas de desinfección de suelos alternativas al bromuro de metilo, a la vez que más ecológicas, que están basadas en la utilización del calor como esterilizante.

2.9.1. Biofumigación.

La Biofumigación se define como “la acción fumigante de las sustancias volátiles procedentes de la descomposición de la materia orgánica y de los residuos agroindustriales en el control de los patógenos de las plantas, incrementándose su eficacia cuando se incluye en un sistema integrado de producción de cultivos”.

Se basa en los mismos principios que los fumigantes convencionales, solo que, los gases generados proceden de la descomposición de la materia orgánica, obteniendo un efecto mejorado de los organismos del suelo o de aquellos que se encuentran en la propia materia orgánica, no conociéndose efectos negativos sobre el ambiente y la salud (Bello, 1998; De Cara, 2004). Además es una técnica de fácil aplicación y de bajo coste.

Según Bello et al. (2004), como consecuencia del proceso, incrementa el número de nematodos saprófagos, mejora las características del suelo y la nutrición de la planta y se producen una secuencia de cambios de los recursos añadidos.

Para que los tratamientos de biofumigación sean eficaces, generalmente se requiere añadir grandes cantidades de materia orgánica al suelo (> 50 t ha) y su empleo está limitado por la disponibilidad de materia prima, costes de transporte y por la capacidad del suelo para degradar la materia orgánica. Una alternativa es la de mejorar la efectividad de la biofumigación mediante la combinación con otras técnicas de control. Por ejemplo mediante la combinación de la solarización con la adición al

suelo de enmiendas puede incrementarse la eficacia de ambas técnicas, permitiendo la reducción de las cantidades de materia orgánica por hectárea así como el tiempo de solarización.

Algunos materiales que pueden utilizarse como enmiendas químicas pueden acumular compuestos perjudiciales o contener patógenos vegetales. Este riesgo se minimiza mediante la realización de procesos de compostaje correctos, donde se alcanzan temperaturas de 65-71° C. Cuando el compost comienza a enfriarse es recolonizado por organismos antagonistas y competidores.

Otro problema que presenta el uso de enmiendas orgánicas para el control de patógenos de origen edáfico es la variabilidad de su composición. Por ejemplo, el contenido en nitrógeno de la gallinaza puede variar dependiendo de las condiciones de almacenamiento, humedad, temperatura, etc. la normalización de la composición de las enmiendas requiere un estricto control de calidad, siendo un área de desarrollo que requiere de una metodología apropiada.

En numerosos trabajos realizados se ha comprobado que algunos residuos agrarios tienen acción biofumigante del suelo, presentando una eficacia similar a la de los productos fitosanitarios convencionales, presentando además varias ventajas sobre estos. Los tratamientos no tienen efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud de los consumidores, no presentando limitaciones para su utilización en producción integrada e incluso en agricultura ecológica. Estas técnicas pueden tener precios altamente competitivos, principalmente por utilizar subproductos agrícolas cuya comercialización implica procesos sencillos y de bajo coste y porque los aspectos relacionados con la protección de los resultados de estas investigaciones pasan a un segundo término, ya que el control de la técnica depende exclusivamente del control de los residuos.

Los residuos orgánicos procedentes de la agroindustria suelen acumularse de forma incontrolada, con el consiguiente impacto ambiental y un preocupante incremento de problemas de plagas, que pueden tener consecuencias negativas para los cultivos. La degradación biológica implica una pérdida de biodiversidad del suelo y con ello de potencial autorregulador de los organismos patógenos para los cultivos. Todo ello da lugar a una dependencia cada vez mayor en fertilizantes y plaguicidas, lo que repercute, no sólo en los aspectos económicos y de calidad de los cultivos, sino sobre todo en una mayor degradación del ambiente.

MATERIALES BIOFUMIGANTES.

Las técnicas de biodesinfección pueden realizarse partiendo de un material orgánico fresco, ya sea estiércol poco hecho, restos frescos de cosecha, verdes o residuos de la industria agroalimentaria ricos en compuestos orgánicos. Una vez que se dispone del material, se distribuye por el suelo y se mezcla con el mismo mediante una labor superficial de aproximadamente 30 cm.

Escoger un buen material biofumigante es esencial para el buen resultado del proceso, pues hay estiércoles más efectivos que otros. El mejor es el de ovino-caprino, seguido del equino y del vacuno. La gallinaza y purines conviene mezclarlos con algún resto vegetal rico en carbono. Cuando se emplean restos vegetales como material biofumigante, conviene realizar un troceado que se suele hacer con la fresadora a la par que se mezcla con el suelo.

Su aplicación presenta buenos resultados en cultivos de cucurbitáceas, zanahoria, tomate, pimiento, fresón, platanera, cítricos, frutales, viñedos y flor cortada en diferentes ambientes de la región mediterránea.

Las brasicas contienen una alta proporción de glucosinolatos, que por la acción de los microorganismos se transforman en compuestos biocidas, principalmente isotiocianatos y compuestos. Además se pueden utilizar para fabricar “pellets” con efecto biocida. Plantas deshidratadas de *Brassica juncea*, *Cleome hassleriana*, *Iberis amara*, *Lepidium sativum* y *Rapistrum rugosum* se pueden emplear en tratamientos orgánicos para el control de patógenos. La utilización de abonos verdes por su efecto biocida se considera también como una alternativa futura en el control de patógenos, no sólo en un modelo de agricultura ambientalmente respetuosa o como una alternativa al uso de BM, sino también en agricultura orgánica o ecológica (Lazzeriet al. 2004). En la actualidad se está estudiando el efecto biofumigante de las harinas de semillas de *B. juncea*, *B. napus* y *Sinapis alba* después de haberlas sometido a procesos industriales de extracción del aceite e incluso de emulsiones aceitosas procedentes de extractos de brasicas (Lamondia y Halbrecht 2008, Lazzeriet al. 2008).



Figura 14. Detalle de harina de semilla de Brassica Juncea.

2.9.2. Biofumigación y Solarización (Biosolarización).

La solarización se define como la desinfección hidrotérmica del suelo empleando energía solar para calentarlo, previamente humedecido y cubierto con una lámina de polietileno transparente de un espesor entre 0.025 y 0.1 mm, en los meses de mayor calor durante un periodo que puede oscilar entre las 4 y 6 semanas, en función de la latitud (Cenis, 1988; Perdormoet al., 2000). El proceso se debe a la energía solar que es retenida en las capas más superficiales, como diferencia entre la radiación transmitida y la emitida a través de la cubierta de plástico que cubre la superficie del suelo húmedo. Así se alcanzan temperaturas de 45-50 °C a una profundidad de 10cm y 38-45 °C a 20cm lo que destruirá todos los parásitos existentes en el suelo.

Además, con la solarización se consigue una reducción de las pérdidas de calor latente de evaporación ya que el plástico impide la evaporación del agua del suelo al producirse una condensación de las gotas de agua en la cara interna del mismo plástico. Asimismo se reducen las pérdidas de calor debidas a la emisión infrarroja del suelo, y aumenta la capacidad calorífica y la conductividad térmica, lo que produce un aumento en la eficiencia de la transmisión de calor.

Su uso, está especialmente indicado en el área mediterránea donde los meses de verano son secos y se alcanzan elevadas temperaturas.

Según la Orden APA/370/2004 de 13 de febrero, BOE de 19 de febrero, la desinfección de suelos mediante solarización es una práctica aceptada en agricultura ecológica y recomendada en la producción integrada de cultivos hortícolas

Esta técnica tiene un claro efecto herbicida pero los estudios realizados recientemente demuestran que algunas malas hierbas, sobre todo aquellas que son perennes, tienen la capacidad de rebrotar después del tratamiento.

Con este método, BASALOTE *et al.* (1994), aseguran que se consigue una desinfección del suelo que inactiva térmicamente o debilita muchos organismos del mismo.



Figura 15. Detalle biosolarización empleada durante el ensayo.

Entre los hongos que la solarización puede controlar están los siguientes:

- Fusarium oxysporum f. splycopersici* (sobre todo en el tomate).
- Verticulliumdahliae* que puede dañar muchas especies de plantas hortícolas como la berenjera, la patata, etc.
- Rhizoctoniasolani* que daña el tomate, el pimiento, melón, cebollas, etc.
- Sclerotiniacepivorum* que ataca cebollas, puerros, ajos, etc.
- Sclerotiniaminor* que es un patógeno del apio, perejil, lechuga, etc.
- Thielaviopsisbasicola* y *Macrophominaphaseoli* que son parasitos habituales del cultivo de judías verdes.
- Pyrenochaetaterroris* que puede atacar cebollas y *Pyrenochaetalycopersici* que produce las enfermedades de las raíces del tomate.
- Pytiummultimum* que atacan las plantas de lechuga y espinaca.
- Plasmodiphorabrassicae* que genera la hernia de las coles.

Entre los nematodos que la solarización puede controlar están los siguientes:

- Ditylenchusdipsaci* que son los parasitos habituales en raíces de ajos, cebollas, apios, melones, etc.
- Pratylenchusthornei* que ataca las raíces de patata.
- Meloidogynesp* parásitos del tomate, pimiento, etc.

Otros parasitos que ocasionalmente se controlan mediante la solarización son los siguientes:

- Globoderarostochiensis*

-*Tylenchulus semipenetrans*

-*Macrophostonia xenoplanx*

Se ha observado que tras la solarización, se ha desarrollado una gran acción bacteriana, en ocasiones superior al 90% de la flora bacteriana, aunque en la mayoría de los casos se puede observar una recolonización de la misma a niveles normales

Se trata, por tanto, de un método de control no peligroso, no tóxico, sencillo y económico que controla determinados patógenos del suelo y que es compatible tanto con agricultura ecológica como en producción integrada.

En lo referente a la materia orgánica, tras la solarización se ha notado un desarrollo en el suelo de la misma sobre el contenido en nitrógeno, tanto nítrico como amoniacal. En ocasiones esta técnica se asocia con inyecciones de algún fumigante a dosis reducidas, como el metam-sodio y el dicloropropeno.

El empleo de láminas de plástico encima del suelo previene el escape de los gases generados con la biofumigación sola mejorando así el control de los patógenos (Katan, 2005). Según Gamliel y Stapleton (1993), el empleo de plásticos transparentes posibilita la combinación de la biofumigación con la solarización, lo que mejora el control de patógenos.

Gracias a los trabajos realizados por Lacasa *et al.* (1999; 2002) y Guerrero *et al.* (2004), se tiene conocimiento de que el tratamiento, realizado en los meses de julio y agosto, en concreto, cuando la temperatura ambiental ronda los 40°C (Lacasa *et al.*, 1999) tiene resultados similares al bromuro de metilo en la producción y desarrollo de la planta. Demuestran que resulta eficaz cuando se mantiene durante 30-45 días el proceso en determinadas condiciones como un buen humedecimiento del suelo y un adecuado sellado del plástico.

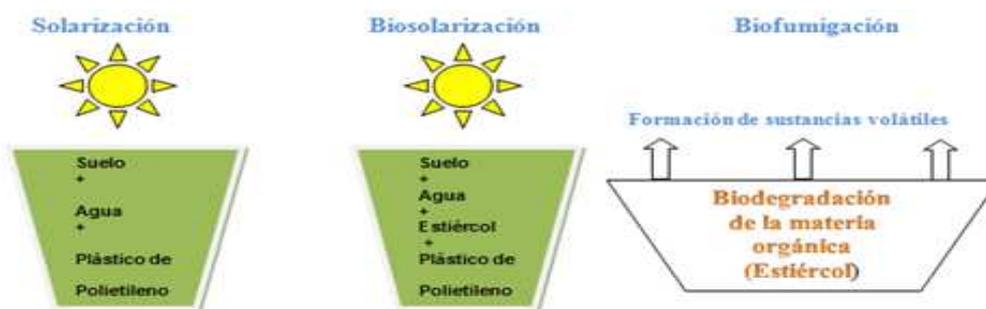


Figura 16. Solarización, biosolarización y biofumigación. Fuente: (<http://triplenlace.com/2012/02/27/solarizacion-y-biosolarizacion-alternativas-ecologicas-al-bromuro-de-metilo-para-la-desinfeccion-de-suelos/>)

Dependiendo de la profundidad del suelo estas técnicas son más o menos eficaces. Así, en suelos profundos la solarización es un método que por sí solo no es eficaz, sobre todo cuando se tienen que controlar plagas móviles como es el caso de los nematodos, aumentando su eficacia si se combina con otras técnicas como la biofumigación. Por el contrario en suelos poco profundos es un método eficaz.

Los costes de la biofumigación pueden alcanzar un valor similar al BrMe, ya que, si bien es cierto que la materia orgánica (estiércol) resulta costosa de traer desde grandes distancias, también lo es que debido a que es una práctica habitual para preparar la tierra previa a la siembra, su coste final se minimiza.

Suelen aparecer dificultades en los primeros ensayos por cuestiones de práctica y adaptación pero a medida que el agricultor coge experiencia se convierte en una técnica económica y ecológica. Se debe tener en cuenta que solo se pueden aplicar estas técnicas en zonas con veranos cálidos que permitan alcanzar temperaturas del suelo superiores a 35-40°C, siendo por tanto apropiadas para países como el nuestro, en el cual se dan las circunstancias climáticas ideales para su uso.

Por otra parte, estas técnicas permiten la eliminación del suelo de plaguicidas, siendo estos unas sustancias contaminantes y difíciles de eliminar en suelos y aguas una vez llegan a ellos.

Así mismo, el uso abusivo de abonos artificiales con un alto contenido en nitrógeno también tiene un alto efecto contaminante sobre todo en aguas subterráneas, siendo también muy difícil su eliminación.

Autores como Guerrero y col. en 2004 y Okaet *al.* en 2007 han encontrado que la aplicación reiterada de la biosolarización incrementa su eficacia con el tiempo, aumentando la producción y mejorando las propiedades físicas y químicas del suelo así como la eficacia en el control de patógenos y malas hierbas.

El uso de la solarización y biosolarización como técnica de remediación de suelos hasta ahora han obtenido resultados contradictorios, ya que la eliminación de sustancias como plaguicidas depende de la naturaleza y tiempo de aplicación de los mismos.

Algunos investigadores han demostrado que en suelos desinfectados mediante solarización algunos plaguicidas se degradan rápidamente, mientras otros no se ven afectados o incluso persisten en el tiempo (Rubin y Benjamin, 1983).

Por último estudios recientes, Fenoll y col. 2010, respectivamente, demuestran que una combinación de ambas técnicas, solarización y biofumigación, permiten que muchos plaguicidas desaparezcan con mucha más rapidez.

La conclusión es, que estas técnicas, aunque necesitadas de más estudio y desarrollo, han demostrado ser un sustituto eficaz del bromuro de metilo aportando ventajas evidentes en cuanto al impacto medio ambiental, que evitan el uso de esta sustancia para la eliminación de plagas en el suelo.

2.10. Enarenado en Almería.

2.10.1. Introducción.

El desarrollo de la agricultura intensiva en el sureste español se sitúa a comienzos de los sesenta con la implantación de las primeras estructuras de invernadero con cubiertas de plástico y la adopción del enarenado.

La técnica del enarenado hizo posible el cultivo en suelos con escasa fertilidad y el uso de agua de riego con calidad limitante.

2.10.2. Fundamento del enarenado.

El enarenado es una estructura artificial formada por capas horizontales figura 17) sobre el suelo original, arena, materia orgánica y suelo aportado. El aporte de agua y nutrientes se realiza medianteriego por goteo con caudal de 2 ó 3 l hora⁻¹. La ubicación del sistema radicular estaría en elsuelo aportado donde le llegaría el aporte de la solución de nutrientes.

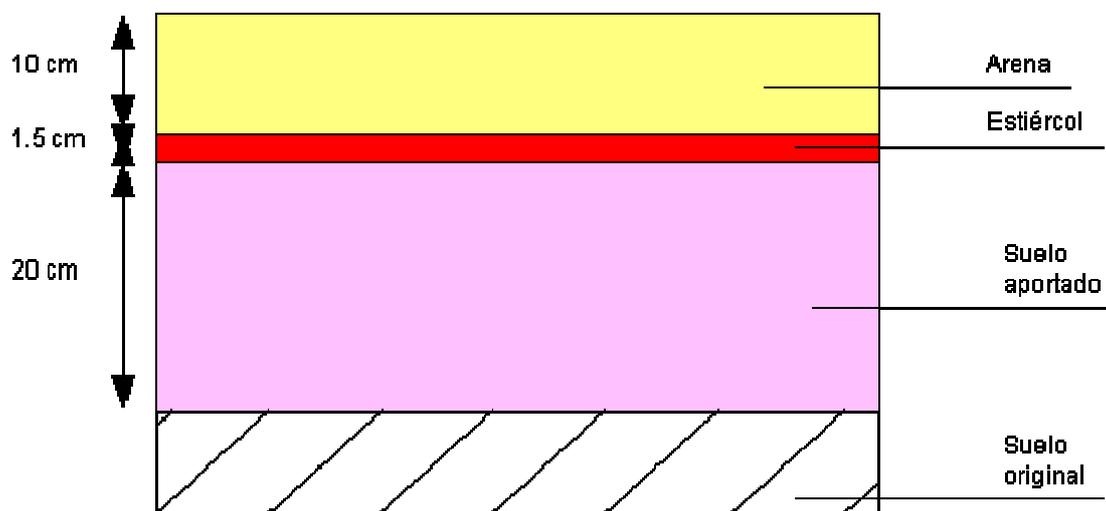


Figura 17. Estructura enarenado. Fuente: (<http://www4.larural.es/servagro/sta/publicaciones/tomate/publ9713/pimmater.htm>)

-Horizonte de arena.

Está formado por una capa de unos 10 cm de arena y actúa como un acolchado inorgánico permanente brindando una serie de ventajas:

-Disminuye la pérdida de agua por evaporación al eliminarse su ascenso por capilaridad no dándose de igual modo el ascenso de sales desde niveles inferiores, siendo arrastradas en profundidad con el siguiente riego.

- La humedad ambiental desciende no favoreciendo el crecimiento de enfermedades criptogámicas.

- La arena cuenta con baja capacidad calorífica, de forma que en contacto con la radiación solar, incrementa su temperatura y puede ceder más calor a la zona radicular.

-Mejora la inercia térmica del suelo ya que no pierde calor por evaporación y lo transmite por conducción a horizontes subyacentes quedando la raíz protegida de cambios bruscos de temperatura. Condiciona mayor precocidad del cultivo. En épocas frías del año, la disponibilidad y asimilación de elementos como el fósforo es favorable gracias a esta propiedad.

-Dificulta la proliferación de malas hierbas, ya que éstas suelen desarrollar sus raíces en la capa superficial del enarenado, zona donde la disponibilidad de agua está limitada. Las arenas utilizadas están ausentes de materia orgánica y arcilla, son insolubles, y tienen escasa actividad química no permitiendo la formación de combinaciones químicas entre sus componentes y los elementos fertilizantes.

En general, se pueden utilizar dos tipos de arena:

Arena de granulometría fina conocida como arena "volada" de 0,2 mm y arena gruesa de 2-5mm.

La arena fina cuenta con un espacio poroso reducido permitiendo cierta capilaridad y el ascenso de sales. Si la tierra que se ha aportado como sustrato es más arcillosa, es más acusado, y menor en tierras más sueltas y de textura franca.



Figura 18. Detalle Ascenso de sales.

Tiene mayor capacidad de retención de agua, con lo que el volumen de agua aportado en riego fluye de forma lenta hacia abajo dándose una mayor superficie de mojado en la arena. La cantidad de agua que llega al sustrato inferior es más reducida.

Este tipo de arena es más favorable en verano por conservar más tiempo humedad y perjudicial en invierno por promover el desarrollo de enfermedades.

La arena gruesa tiene mayor porosidad rompiendo la capilaridad y evitando el ascenso de sales. La cantidad de agua de riego aportada fluye de forma rápida hacia el sustrato inferior dándose un drenaje vertical, llegando prácticamente todo el caudal emitido debido a la escasa capacidad de retención de agua. La superficie de mojado es más pequeña que en tierra fina.

En el caso de tener un sustrato subyacente muy permeable habrá poca conservación de humedad, por tanto, deberá aumentarse la frecuencia de riego sobre todo en verano.

Como ventaja al uso de este tipo de arena, en verano, al estar la arena más seca debido a la baja retención del agua, se calienta menos, y en invierno, se enfría más despacio.

-Horizonte de materia orgánica.

Es la capa más fina, 2 cm de grosor, ubicada en la fase intermedia entre la arena y el sustrato. Está formada por estiércol o material compostado. En la práctica lo más aplicado es estiércol, siendo el más apropiado el de oveja con "cama", paja y otros residuos vegetales, que ayudan a la mejora física de los suelos. Antes de aplicarlo debe estar esterilizado, carente de salinidad, prácticamente ácido y fermentado.

Ventajas:

- Incrementa la capacidad de retener agua, actuando como una esponja.
- Favorece la aireación y oxígeno disponible para el sistema radicular y la actividad de microorganismos aerobios.
- Absorbe el calor que le transmite la arena aumentando así la actuación de la vida microbiana.
- La descomposición de la materia orgánica libera CO₂ al ambiente que es asimilado por la parte aérea de la planta, al mismo tiempo el suelo recibe un enriquecimiento carbónico favoreciendo la solubilización de los nutrientes disponibles para las raíces.
- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico.



Figura 19. Aplicación de materia orgánica en enarenado, retranqueo.

-Horizonte de suelo aportado.

Es una capa de unos 20cm de tierra procedente de canteras utilizándose tierra arcillosa o franca.

Va a servir como sustrato del cultivo donde va a llegar la solución de nutrientes aportada por fertiriego.

Ventajas generales:

-El exceso de agua y salinidad es mermado con el drenaje horizontal.

- La capacidad de intercambio catiónico es mayor que la del suelo original, participa activamente en la nutrición.

- Incrementa la disponibilidad de agua (al tener granulometría menor que la arena).

- Evita el ascenso de sales de niveles inferiores.

Todo ello está condicionado por el tipo de tierra utilizada.

· Tierra de textura arcillosa.

Se le asocia la característica de tierra con textura pesada, con mala aireación, mal drenaje y fácilmente compactable, lo que dificulta el desarrollo de las raíces, por lo que prácticamente todo el sistema radicular se va a desarrollar entre la capa de estiércol y la capa de arena.

Se cuenta con mayor peligro de salinización.

Como ventajas presenta un mayor poder de retención de agua y nutrientes añadidos. El bulbo húmedo formado es más amplio quedando mejor repartida la humedad. Su impermeabilidad evita el ascenso de la salinidad a capas más superficiales.

Si se opta por un enarenado con acolchado de arena fina y sustrato de tierra arcillosa, como se hizo referencia en el apartado del horizonte de arena. En el caso de aportar una tierra arcillosa con drenaje muy limitado, es decir, tierra muy pesada, puede llegar a ocurrir que al saturarse los poros del sustrato se saturan también los del acolchado debido a un excesivo efecto capilar, quedando retenida gran cantidad de agua y con ello provocando el incremento de pérdidas de agua por evaporación.



Figuras 20 y 21. Saturación de poros en como consecuencia del acolchado en arena fina y gruesa respectivamente.

En el caso de utilizar como acolchado arena gruesa, puede llegar un momento en el que los poros del acolchado se saturan de agua y aflora a la superficie.

·Tierra de textura arcillosa más arenosa

El bulbo húmedo producido se desarrolla alargado en sentido vertical más que en horizontal, produciéndose una peor distribución de la humedad del suelo, al infiltrar de forma rápida el agua.

Al ser permeable, puede producirse ascenso de sales de niveles inferiores. Como ventaja, es fácil el lavado de estas sales hacia niveles más profundos, y al ser una tierra con mayor aireación las raíces pueden desarrollarse con más facilidad.

La capacidad infiltración del sustrato que se quiera aportar y el tamaño de la arena del acolchado hay que tenerlo en cuenta a la hora de realizar un enarenado.

·Tierras de textura franco-arcillosa

Presentan características intermedias entre las anteriormente citadas.

2.11. Recuperación de la fertilidad del enarenado: el retranqueo.

El retranqueo consiste en la reposición de la materia orgánica del enarenado para continuar con su fertilidad.

En cultivos de alto rendimiento como tomate, pimiento, berenjena,... suele hacerse cada 3-4 años.

El momento de realizar el retranqueo es justo cuando el suelo ha perdido todo el tempero.

Su realización consiste en apartar la arena en caballones dejando al descubierto la tierra subyacente. Se irá haciendo alternando las calles con y sin arena. Se hará un laboreo a la tierra que no debe ser muy profundo y no utilizar máquinas que volteen la tierra, ya que se elevaría a horizontes superiores capas de tierra con mayor concentración salina. Se allanará y se echará la misma cantidad de estiércol que se aplicó cuando se hizo el enarenado. Se extenderá de nuevo la arena y así sucesivamente, un calle tras otra hasta aportar toda la capa de estiércol. Por último, se aplicará un riego a manta para permitir el asentamiento del terreno. Los retranqueos se harán cada 3 años de igual forma e incorporando más cantidad de arena cuando sea necesario debido a la pérdida por esta operación.

El alto coste en tiempo y mano de obra del retranqueo supone en algunas ocasiones que la reposición del estiércol se haga en la misma línea del cultivo abriendo una franja estrecha, conocido localmente como “carillas”. Otra forma de reponer la materia orgánica queda limitada al aporte en riego de ácidos húmicos.



Figura 22. Retranqueo con laboreo: se ha dado un pase con tractor para apartar la arena y dar reja.



Figura 23.Carilla, se abre la arena con herramienta manual.

Los rendimientos obtenidos se ven mermados en comparación con un retranqueo realizado en su totalidad, se pierden importantes cualidades agronómicas; destacando una disminución de la tasa de infiltración de agua ya que la cantidad de agua que es capaz de absorber sería menor y se tendría peor distribución del sistema radicular.

2.12. Naturaleza de la materia orgánica del suelo.

La materia orgánica del suelo tiene su origen en los restos de vegetales, animales y microorganismos que se acumulan en el suelo o se incorpora a él, y que están sometidos a un proceso constante de transformación, bajo la acción de factores edáficos, climáticos y biológicos. Sobre estos residuos actúan microorganismos que los descomponen y transforman en otras materias, según dos procesos distintos (Fuentes, J. L., 1999):

- Una parte de los componentes de los residuos orgánicos se descompone con rapidez en formas inorgánicas simples (agua, dióxido de carbono, nitratos, sulfatos, etc.). Este proceso se llama *mineralización*.

- La fracción que no se mineraliza en esta primera etapa experimenta un proceso de descomposición, degradación y síntesis de nuevos compuestos, que en sentido amplio reciben el nombre de *humus*. Este proceso se llama *humificación*. Posteriormente el humus se mineraliza muy lentamente, descomponiéndose en productos inorgánicos simples.

A diferencia de Fuentes, J. L. (1999), Urbano (2001) dice que la materia orgánica, poco o nada descompuestos, sufre una primera evolución que la transforma en humus para, en una segunda etapa, continuar descomponiéndose hasta convertirse en elementos minerales.

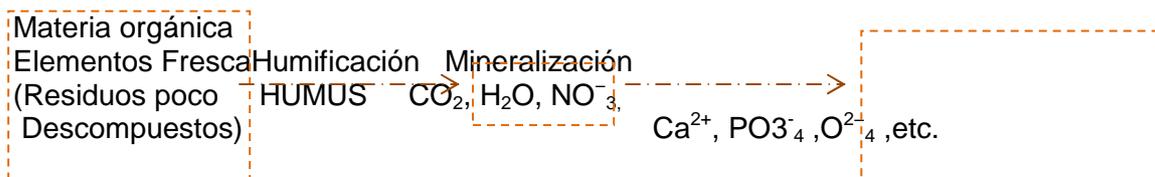


Figura 24.- Evolución de la materia orgánica: esquema. Fuente: Urbano, 2001.

En lo que sí coinciden todos los autores es que en todo momento, coexisten en el suelo los dos procesos, mineralización y humificación, y que la resultante de éstos determinará el equilibrio húmico del suelo.

La velocidad y el equilibrio entre los procesos de mineralización y humificación depende de la actividad de los microorganismos, que, a su vez, viene condicionado por factores climáticos (temperatura, humedad), edáficos (textura, estructura, acidez, contenido de nutrientes) y de cultivo (laboreo, riego, fertilización) (Fuentes, J. L., 1999).

La humificación es responsable de la acumulación de la materia orgánica en el suelo mientras que la mineralización conduce a su destrucción.

El contenido medio de materia orgánica de los horizontes superficiales (epipedión) en los suelos de la zona mediterránea suele ser notablemente bajo, oscilando entre valores del 1 % y el 3 %, además, cuando se analiza el contenido de materia orgánica a lo largo del perfil del suelo, se comprueba que desciende rápidamente con la profundidad.

Los contenidos suelen ser mínimos en los suelos sometidos a fuerte laboreo (especialmente utilizando vertederas) y en los que los sistemas de cultivo dejan escasos residuos. Los sistemas de no laboreo o de laboreo reducido y los residuos de las cosechas dejados sobre la superficie del suelo son para muchos agrónomos (Reicosky *et al*; 1995) las prácticas más importantes para mantener los niveles de materia orgánica en los suelos de zonas áridas con sistemas extensivos de cultivo.

A veces se sobreestima la importancia del contenido en materia orgánica de los suelos cultivados. Es cierto que con niveles bajos, resulta difícil mantener en buen estado de productividad los suelos agrícolas pero, en ocasiones, contenidos tan modestos como el 1,5 o el 2 %, pueden ser suficientes para mantener una fertilidad. En cualquier caso, la sostenibilidad no debe apoyarse en la simple cifra que representa el contenido actual de materia orgánica del suelo, sino en la velocidad con que ésta evoluciona y en el equilibrio al que tienden la humificación y mineralización. Así pues, según autores como Urbano (2001), Jiménez y Lamo (1998); los buenos suelos agrícolas humifican y mineralizan la materia orgánica con altas velocidades, mientras que en determinadas ocasiones, la materia orgánica se acumula llegando a alcanzar, incluso, niveles muy elevados provocando que los suelos no sean aptos para el cultivo (pantanos, turberas, etc.). En este sentido, resulta fundamental:

- Conocer los factores que condicionan los procesos de humificación y mineralización de las materias orgánicas del suelo.
- Determinar el equilibrio húmico de los suelos cultivados.
- Conservar o, en su caso, corregir el estado húmico del suelo mediante los adecuados aportes de materias orgánicas en forma de enmiendas o fertilizantes.

La materia orgánica tiene funciones muy importantes en el suelo y en general, en el desarrollo de una agricultura acorde con las necesidades de preservar el medio ambiente y a la vez, más productiva. Para ello es necesario partir del conocimiento de los procesos que tienen lugar en el suelo (ciclo de nutrientes) y de la actividad biológica del mismo, con el fin de establecer un control de la nutrición, del riego y del lavado de elementos potencialmente contaminantes. A modo indicativo, se citan a continuación los efectos de la materia orgánica sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Terralia nº 8).

2.12.1. Características físicas.

- Disminuye la densidad aparente del suelo (por tener una menor densidad que la materia mineral), contribuye a la estabilidad de los agregados, mejora la tasa de infiltración y la capacidad de retención de agua.

- En general favorece la estructura agregada que limita el arrastre de partículas de suelo, canalizando a la vez el paso del agua a través del mismo. Además, los residuos orgánicos complejos actúan ligando las partículas del suelo favoreciendo la formación de agregados, lo que repercute en una mejora de la aireación y de la retención del agua.

- También tiene efectos importantes sobre la temperatura del suelo, ya que tiene una conductividad térmica más baja que la materia mineral, mientras que las diferencias en la capacidad calorífica son bajas porque dependen del contenido de humedad. Al tener una conductividad térmica baja, la materia orgánica mantiene temperaturas constantes en el tiempo, reduciéndose las oscilaciones térmicas y al tener un color más oscuro que el suelo mineral disminuye la radiación reflejada, calentándose más.

2.12.2. Características químicas.

- Tiene un papel importante en la mejora de la disponibilidad de micronutrientes (principalmente hierro, manganeso, zinc y cobre) para las plantas como en la reducción de los efectos tóxicos de los cationes libres. Muchos metales que precipitarían en suelos en condiciones normales, se encuentran mantenidos en la solución del suelo en forma quelatada.

- Contribuye a aumentar la porosidad del suelo, es decir, aumenta el número de poros que son capaces de retener agua o aire sin aumentar el volumen total de suelo, pudiendo contribuir al aumento de la conductividad hidráulica del suelo. Debido al efecto físico del tamaño de las partículas, la materia orgánica aumenta la capacidad de retención de agua de suelos arenosos y aumenta la capacidad de aireación de suelos arcillosos.

- Tolera mejor los efectos mecánicos del paso de maquinaria por tener una mayor elasticidad que la materia mineral.

- Mejora la nutrición en fósforo, posiblemente sea por favorecer el desarrollo de microorganismos que actúan sobre los fosfatos; Aumentan la liberación de potasio fijado en las arcillas y debido a que la mayor parte de nitrógeno almacenado en el suelo se encuentra en forma orgánica, la disponibilidad de materia orgánica influye directamente en la disponibilidad de nitrógeno.

- Al contener un número elevado de grupos funcionales (carboxílicos, hidroxílicos, aminoácidos, amidas, cetonas y aldehidos), la materia orgánica contribuye

en mayor grado a la adsorción de moléculas de agua en forma de puentes de hidrógeno o enlaces coordinados, al aumento de la capacidad de intercambio catiónico en suelos con bajo contenido en arcilla, proporcionan una mayor capacidad tampón, etc.

- Suele acidificar el medio, favoreciendo así indirectamente la absorción de nutrientes por las plantas.

2.12.3. Características biológicas.

-Sirve de fuente de energía para los microorganismos del suelo. Favorece la presencia de lombrices que contribuyen en la estructura del suelo.



Figura 25. Lombriz de tierra. Fuente: (<http://www.engormix.com/images/excretas6.jpg>).

-Algunos materiales orgánicos presentan actividades supresoras frente a hongos y se pueden utilizar para combatir hongos patógenos. Puede llegar a proporcionar actividad enzimática, contribuyendo a hidrolizar moléculas de cadena larga, haciendo disponibles para las plantas algunos elementos resultantes de la hidrólisis.

- Ciertos productos derivados de su descomposición, como los derivados fenólicos, afectan al balance hormonal inhibiendo o favoreciendo la actividad de las hormonas vegetales: las auxinas o el etileno, ligados a la materia orgánica, se liberan en condiciones reductoras, la materia orgánica puede adsorber reguladores de crecimiento que se pueden añadir de forma externa, etc.

Toda la variedad de sustancias orgánicas del suelo puede ser sistematizada en dos grupos fundamentales: las materias orgánicas de naturaleza individual y las sustancias húmicas propiamente dichas. (Kononova, 1982).

El primer grupo está formado por restos orgánicos, y representa los productos de su descomposición o los productos de la actividad vital (metabolismo y resíntesis) de la población viva (proteínas y aminoácidos, hidratos de carbono simples y compuestos, ácidos orgánicos de distinta naturaleza, ceras, resinas, ligninas y otros). En suma los compuestos orgánicos de naturaleza individual constituyen en los suelos minerales aproximadamente el 10-15 % de la reserva total de materia orgánica. El segundo grupo constituye la porción principal de la parte orgánica del suelo, es decir, hasta el 85-95 % de la reserva total de humus.

2.13. Materia orgánica fresca o lábil.

Constituida por residuos orgánicos poco transformados, se considera como material originario de las sustancias húmicas propiamente dichas y llamadas por algunos autores encargados de su investigación, sustancias orgánicas del suelo de naturaleza individual (Kononova, 1982). Esta materia orgánica estaría formada por una serie de componentes químicos, sometidos a ataque continuo por parte de los microorganismos del suelo, que obtienen de ellos energía y elementos plásticos y a su vez, la transforman en humus estable.

Al mismo tiempo, como consecuencia de la actividad microbiana, aparecen productos finales del metabolismo microbiano que, al morir, se incorporan a la materia orgánica del suelo. En consecuencia, los productos finales serán una mezcla del material originario más o menos descompuesto, restos de estas descomposiciones, productos de síntesis y cuerpos microbianos (Urbano, 2001).

La diversidad de representantes del grupo de compuestos orgánicos de naturaleza individual, en cierto modo, confirmaba la opinión de muchos investigadores, ya bastante extendida a principios del siglo XX, que consideraban el humus del suelo como una mezcla de estos compuestos.

En la actualidad se nota un evidente interés hacia el estudio de este tipo de sustancias gracias sobre todo a la aplicación de nuevos métodos de investigación, que permiten descubrir e identificar sustancias en pequeñas cantidades, ya que sus funciones se presentan esencialmente a pequeñas dosis (Kononova, 1982).

2.14. Sustancias húmicas.

Formada por productos resultantes de una descomposición avanzada de los residuos orgánicos y de síntesis microbiana. Incluye 2 subgrupos (Fuentes, 1999).

- Sustancias no húmicas. Son compuestos orgánicos que no forman parte integral del suelo (no se unen a su fracción mineral). Además de ser fuente de elementos nutritivos, estos compuestos participan en una gran cantidad de procesos relacionados con las propiedades físico- químicas del suelo. Estas sustancias incluyen materiales cuyas características químicas son todavía identificables, tales como proteínas, aminoácidos, glúcidos, grasas, ceras y ácidos biodegradables de bajo peso molecular (Schnitzer y Khan, 1978). La mayor parte de estos compuestos tiene una vida corta en el suelo, debido a que se biodegradan con facilidad.

Estos compuestos pueden estar libres formando parte de la materia orgánica no humificada, de los compuestos hidrosolubles, que de no separarse previamente pasarán a las sustancias húmicas, o estar formando parte de la estructura de las sustancias húmicas (Porta, 2003).

- Sustancias húmicas. Forman parte integral del suelo, del que no se pueden separar por medios mecánicos. Todas las sustancias que se agrupan bajo este concepto o bajo el término restringido de humus son compuestos muy polimerizados, de peso molecular alto, color oscuro, con propiedades coloidales e hidrófilas muy marcadas, que tienen una alta capacidad de intercambio catiónico y con una gran resistencia a la biodegradación, debido a su complejidad y a que están unidos, de diversas formas, a la fracción mineral del suelo.

Se caracterizan por no presentar características físicas y químicas específicas, tales como una composición elemental definida o un punto de fusión entre otros. Son compuestos relativamente oxidados (Porta, 2003).

La mayor parte de las sustancias húmicas se encuentran unidas de distintas formas con la parte mineral del suelo, quedando tan sólo una pequeña fracción en estado libre, por tanto, para pasar a estado soluble es preciso destruir esta unión.

La extracción del suelo de las sustancias húmicas en la actualidad se lleva a cabo con el empleo de diversos disolventes. Las sales neutras de los ácidos minerales, en particular el pirofosfato de sodio, al igual que algunas sales neutras de los ácidos orgánicos, se utilizan con este fin en base a la capacidad que tienen para formar precipitados insolubles o complejos solubles con el calcio, hierro, aluminio y otros cationes polivalentes, con los cuáles están unidas en el suelo. Así, como resultado de dichas reacciones, éstas pasan a estado soluble. Pero a pesar de este hecho, con las soluciones citadas se extrae menos materia orgánica que con soluciones álcalis (Kononova, 1982).

2.15. Naturaleza de las sustancias húmicas.

El humus, definido por Urbano, (2001) como *un conjunto de sustancias orgánicas de colores pardos y negruzco que resultan de la descomposición de materias de origen vegetal y animal y de la que resultan productos muy polimerizados, de estructura amorfa y propiedades coloidales e hidrofílicas*, se compone de una mezcla de materiales orgánicos. De forma empírica, se han establecido tres fracciones predominantes: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas, y otras en menor proporción, como son las sustancias mucilaginosas y gomosas, segregadas por los microorganismos, y hormonas y antibióticos, que ejercen un efecto esencial pero poco conocido sobre el crecimiento de las plantas y sobre su resistencia al parasitismo (Porta, 2003; Fuentes, 1999).

A continuación se describen de forma individual.

2.15.1. Huminas.

Fracción insoluble obtenida a partir del tratamiento de la muestra con pirofosfato sódico. Representa una fracción de escaso interés por el bajo contenido del humus en humina y por su reducida capacidad de reacción (Porta, 2001). Considerada como producto de envejecimiento de los ácidos húmicos (Fuentes, 1999), se puede encontrar en el suelo en diferentes estadios como: Humina microbiana, que está formada por metabolitos microbianos y por compuestos alifáticos que derivan de ellos; huminas heredadas, próxima a la materia orgánica fresca; humina neoformada, que es el resultado de procesos de inmovilización por los cationes y no es extraíble por reactivos alcalinos; y finalmente la humina estabilizada, que resulta de la evolución lenta de los ácidos húmicos que provoca la polimerización de los núcleos aromáticos y un descenso de su solubilidad ante los reactivos de extracción (Duchaufour, 1984; Labrador, 1996).

Al estudio de la naturaleza de las huminas del suelo están dedicadas detalladas investigaciones de Tyurin y Gutkina (1940). Ellos han demostrado que, si el residuo del suelo, después de la extracción de los ácidos húmicos solubles en álcali, se trata con H₂SO₄, HNO₃ o HF, para romper los enlaces de las sustancias húmicas con silicatos, después de este residuo, que contiene huminas, al tratar con soluciones alcalinas se extraen de nuevo ácidos húmicos.

Los ácidos húmicos extraídos de huminas tienen un porcentaje de carbono algo menor, y mayor el de oxígeno e hidrógeno, en comparación con los ácidos húmicos extraídos del suelo descalcificado; poseen también menor capacidad de absorción. Probablemente, los ácidos húmicos extraídos de huminas son por su naturaleza menos complejos (Kononova, 1982).

2.15.2. Ácidos húmicos.

Fracción que precipita en medio ácido a partir de las soluciones obtenidas tras el tratamiento con pirofosfato sódico. Por su importancia cuantitativa, representan la fracción más interesante del humus del suelo ya que pueden suponer hasta el 80 % de él. Se combinan con elementos metálicos formando humatos que pueden precipitar (humatos de calcio, de magnesio, hierro, etc.) o permanecer en dispersión coloidal (humatos de sodio, potasio, amonio, etc.) (Urbano, 2001).

En el grupo de los ácidos húmicos están englobadas las materias que se extraen del suelo por disolventes (NaOH, KOH, NH₄OH, Na₂HCO₃, Na₄P₂O₇, NaF, oxalato sódico, urea, y otros), y que al acidificar con ácidos minerales, se precipitan de las soluciones obtenidas en forma de gel oscuro (Kononova, 1982).

La estructura de la macromolécula húmica corresponde a la de las sustancias húmicas en general. Es decir, nos encontramos ante macromoléculas complejas formadas por estructuras de carácter aromático, a las que se unen aminoácidos, péptidos, ácidos alifáticos y otros compuestos orgánicos, dando la impresión, al visualizarlas al microscopio electrónico, de estar formadas por partículas planas y redondeadas que se unen entre sí, formando un retículo esponjoso (Almendros y Polo, 1983; Stevenson y Schnitzer, 1982).

Dada la importancia de esta estructura, es interesante hacer algunas reflexiones sobre la misma.

La forma de las moléculas húmicas, juega un papel muy importante en la formación de la estructura del suelo. El hecho de que las moléculas de ácidos húmicos posean una estructura flexible y ramificada con multitud de cavidades internas determina, de forma significativa, su capacidad de absorción frente al agua.



Figura 26. Propuesta de estructura química de molécula de ácido húmico. Fuente: Stevenson, 1982.

De los grupos ácidos de carácter hidroxifenólico o carboxílico (-OH, -COOH) que encontremos en los radicales externos resultarán las propiedades ácidas de los ácidos húmicos y la posibilidad de formar complejos, intervenir en la génesis del suelo, en la formación de una buena estructura, en la disponibilidad y movilidad de determinados nutrientes, especialmente micronutrientes (Schnitzer, 1991), así como en la persistencia y degradación de plaguicidas en el suelo, etc. (Labrador, 1996).

Respecto al nitrógeno, éste se considera parte integral de las moléculas de los ácidos húmicos, variando su contenido del 3 al 5%. Una parte del nitrógeno, aproximadamente la mitad, pasa a la solución en el caso de producirse la hidrólisis ácida; esta parte está representada por amidas, mono y diaminoácidos, cuya relación resultó ser característica para las proteínas de origen animal y vegetal.

2.15.3. Ácidos fúlvicos.

Fracción que permanece en solución en medio ácido tras el tratamiento con pirofosfato. Está compuesta por polisacáridos, ácidos urónicos, aminoácidos, compuestos fenólicos, etc. Se originan en los casos en que la humificación se realiza con poca actividad biológica. Se diferencian de los ácidos húmicos por su menor peso molecular (Urbano, 2001).

Poseen unidades estructurales similares a la de los ácidos húmicos, sin embargo, presentan una unidad nuclear poco pronunciada habiendo un predominio mayor de cadenas laterales. Este predominio, representado por una relación estructuras aromáticas/cadenas laterales, inferior en los ácidos fúlvicos, explicaría una mayor solubilidad de éstos con respecto a los húmicos y un menor grado de policondensación, incluso aunque los tamaños moleculares puedan ser parecidos.

Los ácidos fúlvicos, por otra parte, se distinguen por su contenido superior en grupos funcionales ácidos carboxílico e hidroxifenólico y por tanto por su mayor capacidad para actuar destructivamente sobre los minerales (Labrador, 1996).

Son muy ricos en polisacáridos, en osaninas y en aniones minerales como fosfatos (Sequiet *et al.*; 1972). Su elevado contenido en cargas aniónicas les confiere una gran aptitud para formar complejos estables con cationes polivalentes (Fe⁺⁺⁺, Al⁺⁺⁺, Cu⁺⁺, etc.) con la importancia agronómica que esto supone. La abundancia de estos complejos en parte es responsable de su floculación a pH moderadamente ácidos o neutros (Holzclawet *et al.*; 1976).

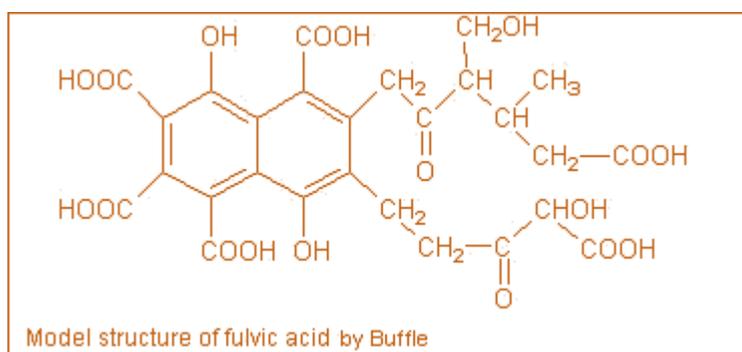


Figura 27. Propuesta de estructura de una molécula de ácido fúlvico. Fuente: (http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_talajtan/ch03s03.html)

A continuación se resumen las propiedades más importantes de las sustancias húmicas descritas anteriormente, según Labrador (1996):

Tabla 7. Propiedades generales de las sustancias húmicas (Labrador, 1996).

PROPIEDADES	ÁCIDOS FÚLVICOS	ÁCIDOS HÚMICOS	HUMINAS
Color	Amarillos a pardo	Pardo a negro	Negro
Peso molecular	Bajo	Medio	Alto
% de carbono	40-50	55-60	>55
% de nitrógeno	<4	3-4	>4
% de oxígeno	44-48	33-36	32-34
Grupos funcionales (meq/g)	10-14	6-10	5-6
Acidez total			
Grupos carboxílicos (COOH)	8-9	2-5	3-4
Grupos metoxílicos (OCH ₃)	<0.5	<0.5	<0.5
Grupos alcohólicos (OH)	3-6	<1-4	-
Grupos fenólicos (OH)	3-6	2-6	2
Grupos carbonil (C=O)	1-3	1-5	5-6

Como se ha podido observar, a la hora de describir cada una de las sustancias húmicas se ha utilizado su capacidad de reacción a diferentes medios ácidos o básicos. Estas distintas fracciones, que pueden obtenerse a partir de diferentes tratamientos de las sustancias orgánicas del suelo, se recogen en la siguiente figura propuesta por Héninet *al*;1972.

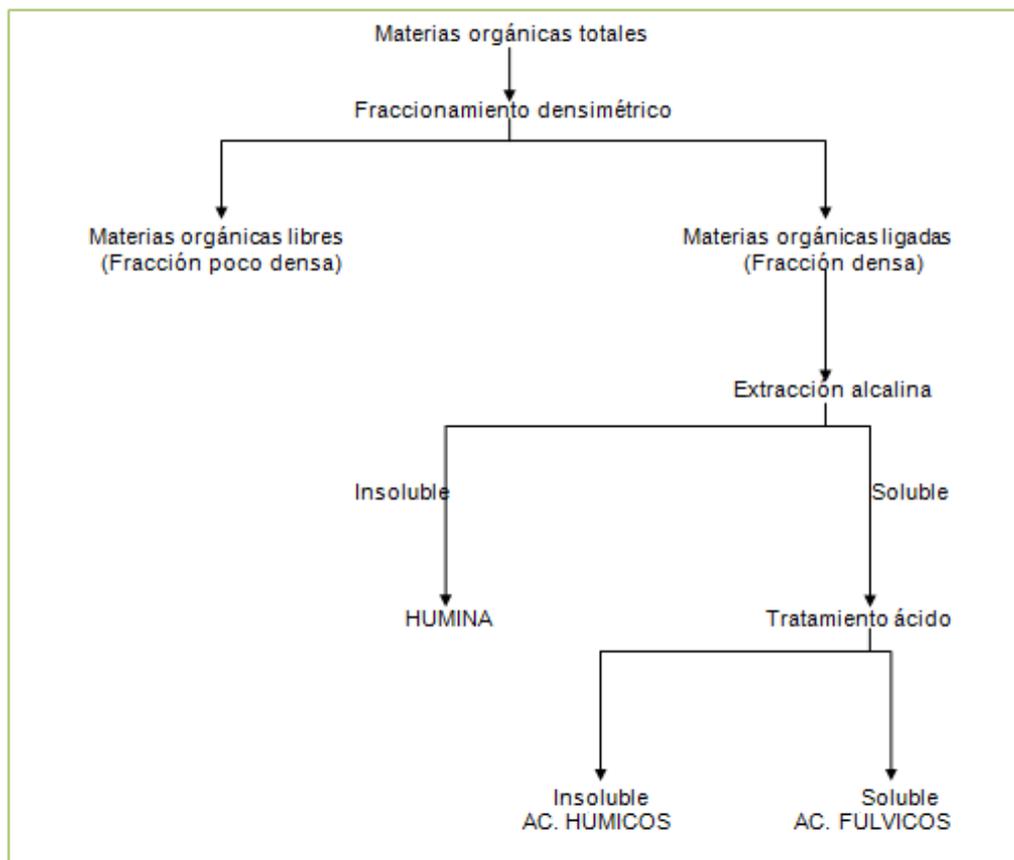


Figura 28. Fraccionamiento de las sustancias orgánicas del suelo. Elaboración propia.

2.16. Efectos de las sustancias húmicas.

El crecimiento y producción de las plantas depende de su nutrición mineral, de agua, de aire y de otros parámetros medioambientales como luz y temperatura. Sin embargo, el efecto positivo de la materia orgánica sobre el desarrollo vegetal también está sobradamente demostrado (Csicsort et al; 1994; Barón et al; 1995; Varaniniet al; 1995, entre otros).

Sin duda, la genética es el principal artífice de la enorme mejora productiva de muchas especies. Sin embargo, esta ciencia no puede ser considerada como la única responsable de los éxitos alcanzados. Resulta obvio que la creciente capacidad de control de los parásitos y el mayor conocimiento de la fisiología vegetal, sobre todo desde el punto de vista nutricional, han contribuido de manera muy significativa, a dichos avances.

Y es aquí donde entran a jugar un papel decisivo productos tales como las sustancias húmicas, que exaltan la capacidad de absorción y translocación de nutrientes por las plantas, de manera que cada proceso de biosíntesis se ve optimizado con beneficios productivos y cualitativos (Dubini, 1995). Hasta ahora, las sustancias húmicas se han venido empleando mayoritariamente como mejoradores de las condiciones de fertilidad de los suelos, es decir, para optimizar la estructura, permeabilidad, niveles de materia orgánica, etc. O sea, se han aprovechado sus efectos indirectos sobre los cultivos. Pero con las dosis empleadas, la incidencia sobre las propiedades del suelo es muy escasa. Debido a los altos precios que han regido en el mercado para estos productos, se han venido realizando aplicaciones en dosis que podríamos denominar "comerciales". Es decir, son criterios económicos y no científicos los que dictaminan la dosificación de estas sustancias.

En los últimos años, en cambio, el desarrollo de los cultivos sobre sustrato inerte y la fertirrigación, ha ocasionado el cambio del rol de las sustancias húmicas comerciales, dando un nuevo giro. En la actualidad se pretende explorar los efectos directos de estos compuestos sobre las plantas, es decir los efectos hormonales que puedan tener.

Como es sabido, los suelos agrícolas mediterráneos poseen, generalmente, bajos contenidos en materia orgánica que tienden a disminuir debido a las pérdidas que se producen por mineralización de la misma, a las labores agrícolas, a la relativa poca importancia actual del estercolado, así como al empleo preferente de abonos minerales de origen industrial. Esta disminución de la materia orgánica de los suelos se traduce en un deterioro de las propiedades físico-químicas de los mismos, así como en su mayor erosionabilidad, con la consiguiente pérdida de productividad a medio y largo plazo (Barón et al; 1995). Estas prácticas están convirtiendo paulatinamente la agricultura tradicional en un ejercicio de tendencias claramente insostenibles. Por ello, la utilización de materia orgánica está sobradamente justificada.

Pero, desde el punto de vista de las plantas, conviene distinguir entre los efectos indirectos y directos de las sustancias húmicas. Centrándonos en los indirectos, la materia orgánica humificada puede mejorar la fertilidad del suelo a través de su efecto sobre diversas propiedades del mismo, como ya se expuso anteriormente:

- Aporte de nutrientes (N, P, K, etc.) a las raíces (Varanini, 1995).

- Mejora de la estructura del suelo, incidiendo de ese modo en la relación agua-aire en la rizosfera (Piccolo y col., 1997).
- Incrementa en el suelo la actividad microbiana (Ocio y Brookes, 1990).
- Aumento de la capacidad de intercambio catiónico y de la capacidad tampón-pH del suelo (Barón *et al*; 1995).
- Formación de complejos estables con Cu²⁺, Mn²⁺, Zn²⁺ y otros cationes polivalentes y aumento así de la disponibilidad de micronutrientes para las plantas (Albuzio *et al*; 1994).
- Aporte de sustancias húmicas que actúan como transportadoras de nutrientes (Varanini, 1995).
- Oscurecimiento del suelo, de manera que facilite su calentamiento (Gallardo, 1980).
- A través de su combinación con plaguicidas puede afectar a su bioactividad, persistencia y biodegradabilidad.

Respecto a los efectos directos, de carácter bioestimulante, que derivan del empleo de las sustancias húmicas como productos de acción fisiológica, sobre las plantas, han sido objetivo de muchos estudios, principalmente su forma de absorción y el lugar de transporte de dichas sustancias

Así pues se demuestra que solo una pequeña fracción de material absorbido es transportado hasta la parte aérea de la planta, correspondiente básicamente a los ácidos fúlvicos, y los húmicos tienden a ser almacenados en las raíces (Fürth *et al.*, 1967).

De estos estudios se saca como conclusiones que las sustancias húmicas:

- Muestran mayores efectos sobre las raíces que sobre la parte aérea, pero aun así influyen también a un mejor desarrollo de dicha parte.
- El efecto estimulante de dichas sustancias ha estado relacionado con el aumento de la absorción de macronutrientes.
- La formación de compuestos con los metales de transición, como el Zn, Cu, Fe y Mn entre otros, facilita la absorción de ciertos microelementos en suelos alcalinos, como los de la cuenca mediterránea, supliendo así los problemas de microdeficiencias.
- El estímulo mostrado en la absorción iónica por tratamientos húmicos ha provocado que muchos investigadores propongan, que, estos productos, afectan a la permeabilidad de la membrana, favoreciendo procesos naturales como la selectividad de algunas plantas a la hora de la asimilación de Na⁺, confiriendo a las sustancias húmicas propiedades de bioprotector frente a efectos nocivos, como son la salinidad.
- Tanto la respiración celular, como la fotosíntesis pueden verse aumentadas por las sustancias húmicas.

- Las hipótesis de que las sustancias húmicas puedan favorecer la síntesis de ácidos nucleicos, de proteínas, y en general, actuar como estimulante de la capacidad enzimática ha sido objeto de numerosos estudios.

2.17. Formación de humus. Tipos de humus.

En la descomposición y transformación de la materia orgánica se pueden diferenciar varias etapas. En una primera etapa se produce un fuerte ataque microbiano a las sustancias de fácil descomposición, que sirven fundamentalmente de elementos energéticos y plásticos a los microorganismos desintegradores.

Como consecuencia de ello, las moléculas orgánicas se descomponen en otras más sencillas y se libera una gran cantidad de energía en forma de calor, a la vez que se produce una gran proliferación de la flora microbiana. En una segunda etapa de descomposición se produce una disminución del crecimiento microbiano y de liberación de productos descompuestos, procedentes tanto de la transformación de la materia orgánica original como de la descomposición de los microorganismos muertos. Posteriormente, una parte de los productos descompuestos se reagrupan y polimerizan de nuevo, formando unas moléculas muy complejas que constituyen el humus (Fuentes, J. L., 1999).

Con un enfoque ecológico, el término humus se utiliza para referirse a la totalidad de las sustancias orgánicas que, bajo las condiciones de biodegradación predominantes, se ha comportado como difícilmente descomponibles y por ello han sufrido una acumulación de un modo característico (Kubierna, 1952) y a aquellas que son estables tras la humificación.

En este sentido, el estudio de la materia orgánica de los horizontes de superficie, denominados O y A en suelos minerales y H en suelos orgánicos, ha llevado a definir diferentes tipos de humus.

Las bases para la clasificación de los mismos parten de criterios morfológicos sencillos como aspecto, color, macro y microestructura, espesor, grado de incorporación a la materia mineral, existencia de un horizonte O además del A, grado de descomposición de la materia orgánica en el horizonte O, etc.

Todo lo anterior se completa con la determinación de parámetros químicos como el pH, el grado de saturación, la relación C/N, el tanto por ciento de mineralización anual o de extracción de carbono extraíble o de polimerización, etc. unido a criterios biológicos como la actividad enzimática (Labrador, 1996).

En un principio, los criterios de clasificación eran básicamente morfológicos, actualmente también se tienen en cuenta aspectos físico-químicos y microbiológicos con el objetivo de caracterizar la actividad biológica global, la intensidad de la mineralización y la importancia de la humificación, como resultado de unas condiciones ecológicas determinadas (Duchaufour, 1984). Dichos criterios, recogidos por Porta (2003), son los siguientes:

Tabla 8. Criterios de clasificación del humus. Porta (2003).

CRITERIOS MORFOLÓGICOS	-Aspecto/color
	-Contextura macro y microscópica
	-Espesor
	-Grado de incorporación con la materia mineral
	-Existencia de un horizonte O, además de un A
	-Grado de descomposición de la m.o. en el horizonte O
CRITERIOS FÍSICO-QUÍMICOS	pH y % saturación de bases
	C/N
	% mineralización anual
	% extracción con álcalis
	% de humificación
	% de polimerización
CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS	Actividades enzimáticas

Desde un punto de vista global, el humus se clasifica en:

-Mor: Materia orgánica muy poco transformada con una elevada movilidad de ácidos fúlvicos.



Figura 29.Mor.Fuente: (edafología.ugr.es).

- Moder: Mayor transformación de la materia orgánica y con una movilidad media de ácidos fúlvicos.



Figura 30.Moder.Fuente: (edafología.ugr.es).

- Mull: Materia orgánica muy evolucionada, característica por su color oscuro y por el elevado contenido en ácidos húmicos.

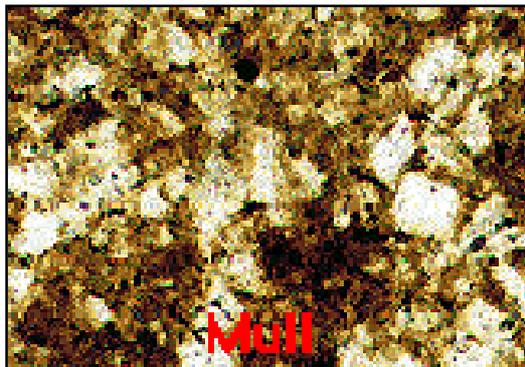


Figura31.Mull.Fuente: (edafología.ugr.es).

Entre algunas fracciones del humus y algunas partículas inorgánicas se producen unas interacciones que condicionan la estructura del suelo y la movilidad de ciertos elementos, lo que repercute en la nutrición de las plantas y la eliminación de contaminantes del suelo.

En una primera etapa se produce un contacto entre las partes orgánica e inorgánica, lo que favorece el posterior establecimiento de uniones entre ellas por medio de enlaces químicos, formándose unos complejos órgano-minerales. Los más comunes de éstos son (Fuentes, 1999):

- Complejo órgano-metálico: formado por un ión metálico unido a un grupo funcional orgánico. El humus puede originar complejos órgano-metálicos, que pueden ocupar los espacios interlaminares de las arcillas expansivas, lo que dificulta el ataque de los microorganismos encargados de su mineralización. Los quelatos están formados por dos o más grupos funcionales orgánicos unidos a un ión metálico.

- Complejo arcillo-húmico: formado por un grupo funcional del humus que se une a la superficie de los minerales arcillosos. Los ácidos húmicos forman un complejo menos estable que en el caso anterior. Los ácidos fúlvicos no forman complejos con la arcilla.

La formación de complejos órgano-minerales se ve favorecida cuanto mayor sea el grado de humificación.

2.18. Factores que condicionan la transformación de la materia orgánica.

El contenido de materia orgánica oxidable, que se determina con dicromato potásico en medio sulfúrico, es la diferencia entre la biomasa total recibida en el suelo y la biomasa mineralizada. Pero no es el contenido en materia orgánica lo que más interesa, sino la velocidad con que ésta evoluciona y el equilibrio entre los procesos de mineralización y humificación. El buen suelo agrícola es aquel en donde ambos procesos se desarrollan a una velocidad relativamente rápida, lo que exige aportaciones continuas de restos orgánicos. Una velocidad de transformación lenta ocasiona la acumulación de materia orgánica, que cuando es excesiva hace al suelo poco apto para el cultivo (Fuentes, 1999).

Muchos son los autores que coinciden en que la velocidad con la que se produce la humificación de los residuos orgánicos depende de los siguientes factores (Porta, 2003; Urbano, 2001; Fuentes, 1999; Labrador, 1996):

- Naturaleza de los residuos: la composición de los vegetales es enormemente variada lo que hace, por una parte, que la secuencia en la degradación de sus constituyentes no sea uniforme y por otra, que algunos de sus componentes ejerzan por sí acciones positivas o negativas sobre la actividad microbiana responsable de la transformación. Las plantas jóvenes contienen una gran cantidad de sustancias hidrosolubles, fácilmente descomponibles; a medida que avanza su ciclo vegetativo disminuyen estos compuestos y aumentan el contenido de sustancias resistentes a la descomposición, como son las ligninas, taninos, resinas, quitina, queratina, etc. En consecuencia, cuanto más lignificados estén los residuos que se aporten al suelo, más lenta y difícil será la humificación.

- Contenido en humedad: la multiplicación microbiana exige la presencia de agua que debe encontrarse en el propio residuo o en el suelo. Es bien sabido por ejemplo, que las comunidades microbianas de suelos de zonas semiáridas, se activan con una rapidez enorme, en el momento en que las condiciones ambientales, especialmente la humedad, les son favorables (Badia, 1991). El contenido de agua más favorable para el funcionamiento correcto de la dinámica de la transformación de los restos orgánicos, se sitúa en un 60% de la humedad equivalente.

- Aireación: la mayor parte de los microorganismos que transforman la materia orgánica son aerobios; siendo además los que mayor actividad presentan en el curso del proceso. Se comprueba fácilmente como el laboreo del suelo o su drenaje, así como la disgregación de los montones de estiércol, activan la descomposición de las materias orgánicas. Fassbender (1972) enunció que bajo condiciones de mala aireación, como son la saturación de agua, degradación de la estructura, etc., sólo contribuyen a la acumulación de los restos vegetales, siendo muy lenta su transformación y posterior mineralización.

- Temperatura: la temperatura es un factor prioritario en la transformación de la materia orgánica. La descomposición de la materia orgánica es más rápida en climas cálidos, debido a que los microorganismos desintegradores proliferan con mayor rapidez con temperaturas altas.

- Contenido en elementos minerales: la multiplicación microbiana exige la utilización de elementos minerales: nitrógeno, fósforo, azufre, calcio, etc. De todos ellos, el nitrógeno es el que juega un papel más importante en el proceso de humificación de los residuos orgánicos.

- Condiciones del suelo: pH y salinidad: la reacción del suelo que permite una adecuada evolución de la materia orgánica es la que corresponde a una banda de pH variable entre 6 y 7,2. Las condiciones son sensiblemente desfavorables si el pH baja a 5,5 o se eleva a 7,8. Finalmente, si el pH va alejándose de estos factores, la acción microbiana se debilita enormemente pues queda reducida a la actuación de las microfloras acidófila o basófila, según sea el caso. Los encalados mejoran notablemente la actividad de los suelos ácidos, así como los tratamientos que se hacen para recuperar suelos salinos y alcalinos.

2.19. Influencia del humus sobre la fertilidad del suelo.

La materia orgánica es muy importante porque participa en procesos tan trascendentes para el comportamiento del suelo y crecimiento de las plantas y organismos del suelo como son: la formación y estabilidad de la estructura, el intercambio iónico, el suministro de energía y nutrientes, la capacidad de retención de humedad, la protección contra la degradación del suelo por erosión y la implicación en ciertos procesos edafogenéticos.

Si la función de la materia orgánica fuese únicamente aportar nutrientes al suelo, en especial nitrógeno tendría poco interés, ya que la fertilización mineral actúa en este sentido cuantitativamente con mayor rapidez. Sin embargo, el papel de la materia orgánica en la complejidad del suelo es mucho más importante (Labrador 1996).

La influencia que sobre las características del suelo ejerce la materia orgánica, preferentemente humificada, queda recogida por autores como Urbano, 2001, Fuentes, 1999, etc.

2.19.1. Efecto sobre las propiedades físicas.

-Debido a su cohesión, la materia orgánica tiene un efecto positivo sobre la estructura de los suelos: da compacidad a los arenosos y hace más esponjosos a los arcillosos, lo que se traduce en una mayor permeabilidad al agua y al aire. Además, los agregados se hacen más estables, debido a su naturaleza coloidal, con lo que se reduce el riesgo de erosión.

- La gran capacidad del humus para retener el agua permite almacenar más agua durante la estación húmeda y reducir las pérdidas durante la estación seca.

- El color oscuro del humus permite captar mayor radiación solar, con lo cual hay mayor calentamiento del suelo durante la primavera.

- No basta con que un suelo tenga una buena estructura. Es necesario, además que la conserve. Sobre este punto, la materia orgánica tiene dos efectos:

- Un efecto a corto plazo, muy intenso, en el cual interviene principalmente la materia lábil. Este efecto se produce con mayor intensidad cuando se entierran materias que se descomponen con rapidez, como son los abonos verdes.

- Un efecto a largo plazo, menos intenso pero más resistente que en el caso anterior, en el cual interviene, sobre todo, el humus. Las estercoladuras y el enterramiento de pajas, que dan lugar a una apreciable cantidad de este humus, producen este efecto.

2.19.2. Efecto sobre las propiedades químicas.

- Aumenta elementos nutritivos.

- Aumento del poder tampón del suelo y, en consecuencia, reducción de las oscilaciones de pH.

- El humus junto con la arcilla constituye el complejo de cambio, que regula la nutrición de la planta.

- Los ácidos húmicos estimulan el desarrollo del sistema radical, y con ello se hace más efectiva la asimilación de nutrientes.

- Con algunos cationes forma quelatos, lo que favorece la absorción de cationes por los cultivos.

- Los ácidos húmicos forman con los aniones fosfato unos compuestos (fosfohumatos) que impiden la retrogradación del fósforo, lo que favorece su asimilación.

2.19.3. Efecto sobre las propiedades biológicas.

-En condiciones adecuadas de temperatura, humedad y aireación se favorece la proliferación de microorganismos aerobios, ya que no debemos olvidar que la materia orgánica les proporciona: carbono para la formación de las estructuras orgánicas y para su oxidación como fuente de energía, nitrógeno para la síntesis de las proteínas, y otros elementos nutritivos especiales para la vida.

-Un aporte adecuado de materia orgánica provoca el aumento de la fauna del suelo (lombrices, larvas, insectos, etc.). Esta fauna es causa de efectos favorables como la circulación del agua y del aire a través del suelo, pero la proliferación desmesurada puede provocar daños de consideración a los cultivos.

- Como efecto derivado de la buena estructura conseguida por el aporte de materia orgánica humificada en el suelo, se favorece la respiración de las raíces, la germinación de las semillas y el buen estado sanitario de los órganos subterráneos. A su vez, también puede ser perjudicial para la planta, por modificar la sensibilidad de las plantas frente a las enfermedades.

2.20. Enmiendas orgánicas.

El uso de materiales orgánicos como fertilizantes está ligado a la agricultura desde sus inicios.

Ya en el año 900 a. de C., Homero cita en la Odisea que el padre de Ulises añadía estiércol a sus viñas; Jenofonte, en el año 400 a. de C. menciona el uso de abonos verdes y estercolados; Teofrasto s. III-IV a. de C. recomendaba estercolar las tierra poco productivas y mencionaba también como los agricultores de Tesalia y Macedonia enterraban cultivos de leguminosas con el fin de enriquecer sus tierras; Columela en el s. I d. de C. en su extensa obra sobre agronomía, nos explica cómo utilizar el estiércol, los abonos verdes, la técnica del compostaje, etc. (Labrador, 1996).

A través de los tiempos, el aporte orgánico y el mineral como complemento, se consideró como la base de una adecuada fertilización, sin embargo, los conceptos actuales de fertilización corren paralelos con un modelo de agricultura industrializada, que compara al suelo con un soporte del vegetal capaz de digerir cantidades ingentes de agroquímicos. Esta forma de hacer agricultura tiene su definición paralela de fertilización, entendiéndola por ella, el aporte desde el exterior, de los elementos químicos de naturaleza mineral, que interviene en la constitución de los vegetales (Bellapart, 1988).

Las condiciones climáticas de determinados medios y las actuaciones antrópicas inducen una importante disminución de la biomasa y contenido de materia orgánica de

los suelos con importantes repercusiones en su erosividad, propiedades filtrantes y depuradoras y capacidad productiva.

De acuerdo con un gran número de autores (Robert, 1996) se ha producido un descenso importante en el contenido de materia orgánica de los suelos que se agravará si las condiciones de temperatura previstas en los modelos de cambio climático por efecto invernadero tienen lugar. El descenso del contenido en materia orgánica de los suelos de las praderas de EE.UU. puestos en cultivo hace aproximadamente un siglo se estima en un 50%. En Europa la Agencia Europea de Medio Ambiente (1998) estima que unos 115 millones de ha están sufriendo erosión por agua y otras 42 por aire, siendo el problema especialmente grave en el área mediterránea donde procesos de degradación de suelos por desertificación y salinización ya son lamentablemente frecuentes. La pérdida de materia orgánica del suelo uno de los principales factores desencadenantes de estos procesos e incluso en las zonas húmedas de Europa la pérdida de Carbono es importante. Así en Inglaterra y Gales el porcentaje de suelos cultivados con contenidos de Carbono superiores al 4% ha descendido significativamente (más del 50%) en los últimos 15 años mientras que ha aumentado el porcentaje de los suelos con valores inferiores al 2%. En la provincia de La Coruña (Galicia), una zona con pluviometría media en torno a los 1300 mm donde los suelos no cultivados presentan contenidos de carbono entre 4 y 2%, se ha visto que los suelos cultivados presentan un descenso del orden del 30 al 40% (Macías y Calvo de Anta, 2001) señalando que además de la extracción de biomasa influyen en este cambio la elevación del pH por los aportes fertilizantes y enmendantes y el incremento de la disponibilidad de N, factores ambos que incrementan la actividad biológica y, por lo tanto los procesos de mineralización de la materia orgánica. Algunos suelos cultivados presenta ya valores inferiores al 1% que se considera como un valor bajo para la conservación de la calidad del suelo (Boixadera, y Teira, 2001).

Existe pues una necesidad de aporte de materia orgánica a los suelos, principalmente a los suelos cultivados, pues es donde más materia orgánica se pierde y donde el proceso erosivo es más pronunciado y desde el punto de vista económico es donde más barato nos resulta aportar la materia orgánica, pues, además que nos da un beneficio productivo es fácil realizarlo mecánicamente con maquinaria apropiada.

En la actualidad el aprovechamiento agrícola de residuos orgánicos de distintos orígenes es una práctica habitual en nuestra Comunidad debido a las elevadas cantidades generadas de estos materiales, al intento de buscar la manera más económica de gestionarlos y a las nuevas tendencias legislativas europeas. Es obvio que un uso racional de este tipo de materiales en agricultura no es la novedad y en principio no tendría por qué ser problemático; pero puede serlo si las condiciones técnicas de aplicación no son satisfactorias. Las aplicaciones han de ser establecidas según las necesidades de suelos y cultivos no por las de los generadores de los residuos. El objetivo prioritario de su uso debe ser el de mantener y mejorar la fertilidad del suelo, a la vez que conseguir una producción agrícola de calidad y con una rentabilidad aceptable. (Martínez, 1995; Boixadera y Teira, 2000).

3. MATERIAL Y MÉTODOS.

3.1 Localización del ensayo.

3.1.1 Ubicación del ensayo.

El ensayo se llevó a cabo en la campaña 2011/2012 en las instalaciones de la Finca Experimental de la Fundación UAL-ANECOOP. La finca se encuentra en el paraje “Los Goterones” de la localidad de Retamar en el término municipal de Almería. La identificación catastral es polígono 24, parcela 281 (longitud 2,1708° y latitud 36,5177).



Figura 32. Localización aérea de las instalaciones de la Fundación Finca Experimental UAL-ANECOOP. Fuente: (<http://www.anecoop.com/es/fundacion-finca-experimental-ual-anecoop>)



Figura 33. Localización y acceso a la Finca Experimental UAL-ANECOOP. Fuente: (<http://nevada.ual.es/fincaexp/zona.html>)

La superficie de la finca es de aproximadamente 140.000 m², ocupados principalmente por diferentes invernaderos (la mayoría de ellos con estructura multitúnel y de tipo “raspa y amagado”) utilizados para la realización y el desarrollo de ensayos de investigación. Así mismo la finca presenta también varias naves destinadas a distintos usos (oficinas, salas de sistemas de riego, laboratorio, etc.).



Figura 34. Plano de la finca experimental junto a la localización del ensayo en cuestión. Fuente: (<http://www.anecoop.com/es/fundacion-finca-experimental-ual-anecoop>)

El ensayo se realizó en el invernadero U7 de la finca experimental de la fundación UAL-ANECOOP, con estructura de “raspa y amagado” (este tipo de invernaderos son los más comunes en la provincia de Almería) y presenta una superficie de 1917 m² invernada, de las cuales 1784 m² es superficie de cultivo (tabla 9). Fue construido en el año 2004, siendo la campaña 2004-2005 la primera campaña agrícola.

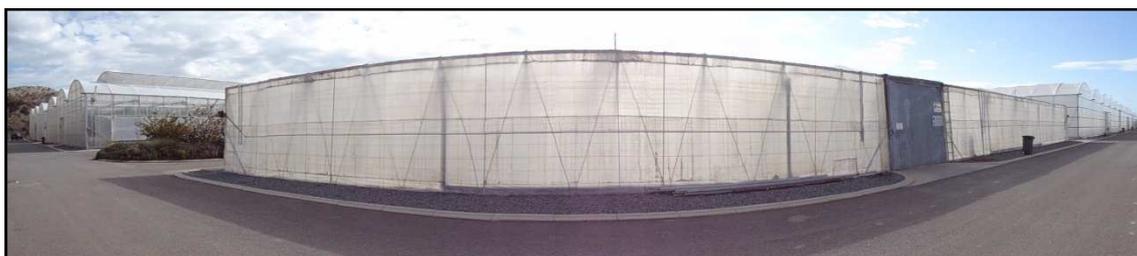


Figura 35. Vista del invernadero U7.

Presenta una distancia entre raspas consecutivas de 8 m., altura en la raspa o cumbre de 4,70 m. (tubo + bloque). La distancia entre tubos de la misma fila es de 2 m., así como la distancia de amagados de la misma fila.

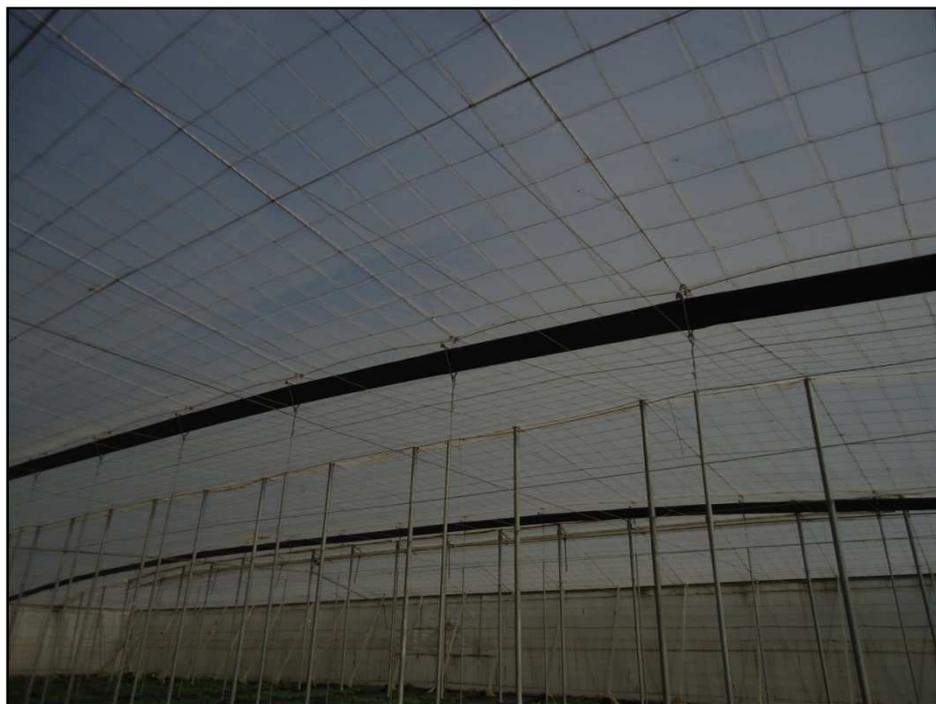


Figura 36. Detalle de altura en cumbrera.

La altura de la banda del invernadero es de 3,40 m. La distancia entre pies perimetrales consecutivos de la banda es de 2 m. y están formados por perfiles de acero laminado IPN-120, con una inclinación de 60° aproximadamente respecto al suelo.

Referente a los materiales empleados en la estructura, los postes son tubos de acero galvanizado y la cuadrícula (33 x 33 cm.) de alambre de acero triple galvanizado. El material de la cubierta es de plástico tricapa de 800 galgas, color blanco y 3 campañas de duración. Este plástico tiene efecto térmico para evitar o disminuir posibles riesgos de inversión térmica, favoreciendo en este aspecto el desarrollo del cultivo, así como un efecto de difusión de la luz que penetra en el invernadero que reduce el sombreado o falta de luz en plantas y frutos.

Tabla 9. Superficies. Elaboración propia.

Superficie invernada	Superficie cultivada	Superficie tablar Norte	Superficie tablar Sur
1917 m ²	1784 m ²	892 m ²	892 m ²

3.1.2. Orientación

El invernadero presenta una orientación Noroeste-Sureste, mientras que la orientación de las líneas de cultivo es Noreste-Suroeste.

3.2. Datos climáticos de la zona de estudio.

A continuación, se muestra en la tabla 10 los datos climáticos de la zona de estudio desde el mes de trasplante hasta el mes fin del cultivo.

Tabla 10. Datos climáticos de la zona de estudio desde trasplante hasta fin del cultivo. Elaboración propia en base a los datos emitidos por la estación meteorológica de la finca UAL-ANECOOP. <http://nevada.ual.es/fincaexp/registroClimas.asp>

	RESUMEN DATOS MENSUALES					
	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
T ^a máxima (°C)	37,2	33,9	29,9	25,1	20,5	18,2
T ^a mínima (°C)	19,9	15,9	13,4	10,3	6,3	4,7
T ^a media (°C)	25,8	24,1	21,1	16,6	13	11,6
Precipitación total (mm)	0,7	19,8	20,5	30,9	3,3	22,6
Velocidad media del viento (Km/h)	13,82	13,45	11,76	13,53	11,67	12,09
Ráfagas máximas de viento (Km/h)	64,82	61,12	61,12	64,82	75,93	51,86



Figura 37.Detalle de la estación meteorológica instalada en el exterior.

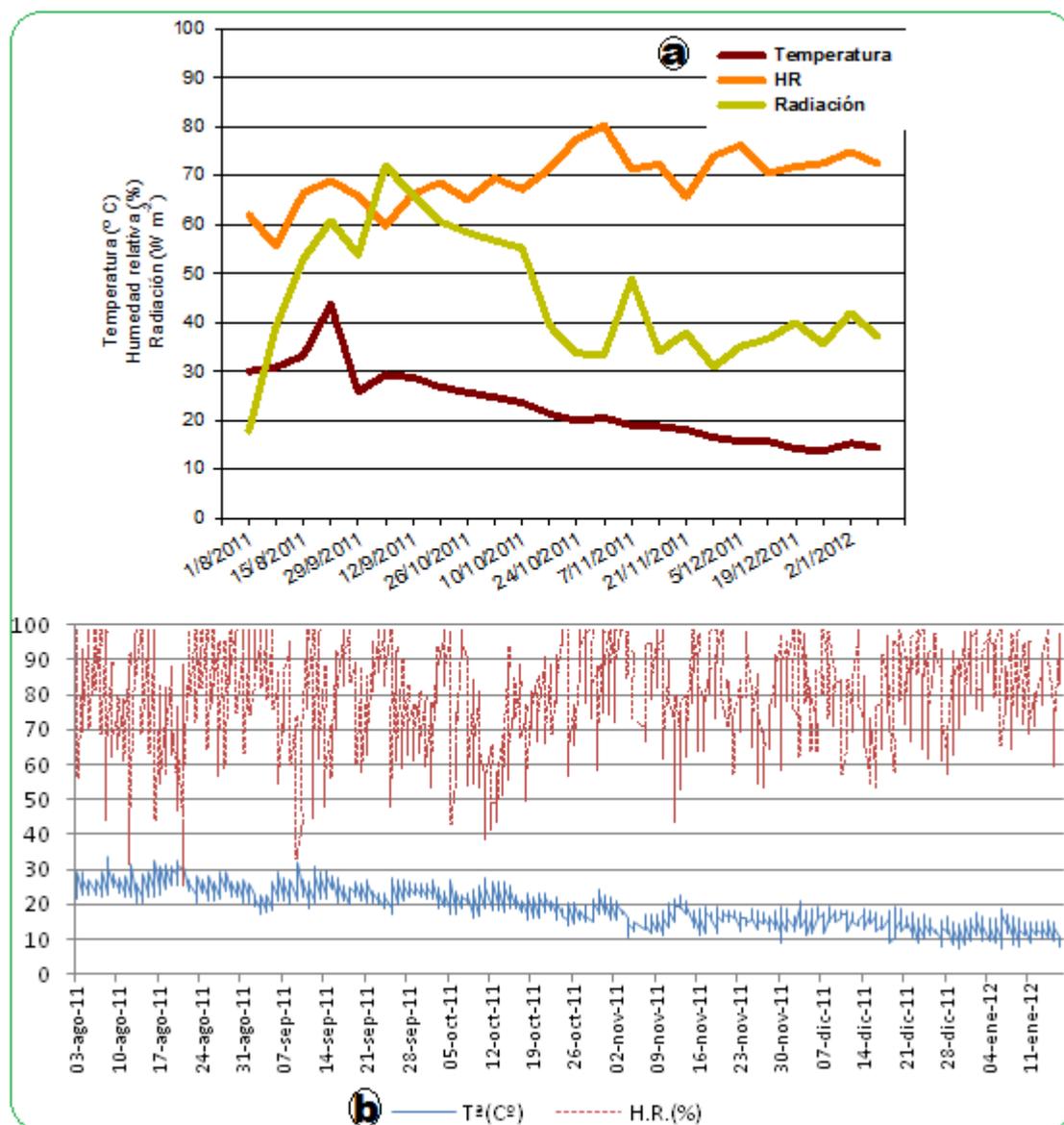


Figura 38. Datos climáticos del interior del invernadero (a) y del exterior del invernadero (b).Elaboración propia.

3.3. Sistemas de ventilación

El invernadero dispone en las bandas de ventanas laterales enrollables de plástico con apertura automatizada. El sistema de ventilación cenital es de tipo cremallera, también con apertura automatizada. En total, presenta 180 m. lineales de ventanas, divididos en 5 ventanas de 36 m. cada una, siendo el ancho de unos 0,70 m., y construidas con tubos galvanizados de 25 x 25 mm., y protegidas con mallas antitrips de 20 x 10 hilos/cm para evitar la entrada de plagas e insectos vectores de enfermedades.

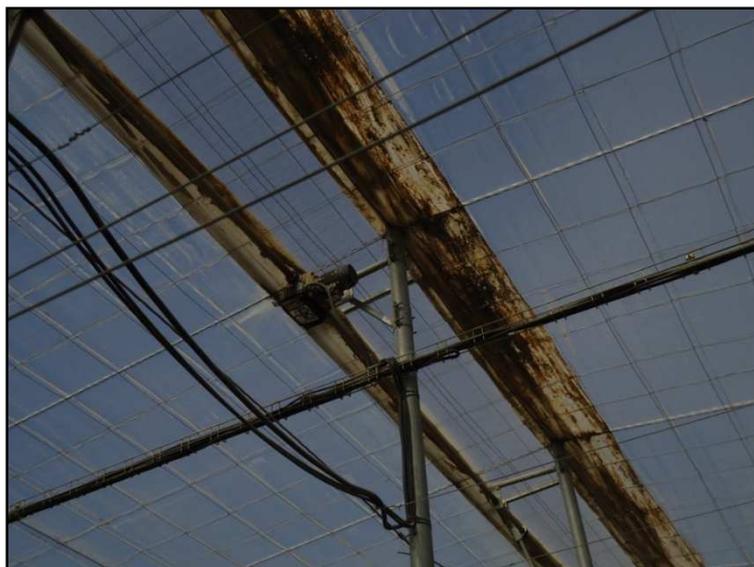


Figura 39.Detalle del motor que acciona la apertura y cierre de una de las ventanas.



Figura 40.Detalle ventanas laterales.



Figura 41.Detalle ventana cenital.

3.4. Solución nutritiva

El tomate es una planta exigente en humedad, precisando riegos más frecuentes con la aparición de los primeros frutos. No obstante, los encharcamientos le son perjudiciales y en las primeras fases del cultivo no son convenientes los excesos de agua en el suelo para conseguir un buen enraizamiento.

3.5. Suelo

Se trata de un suelo de desmante con enmienda física.

Presenta un enarenado típico almeriense, en el que, sobre el suelo original previamente nivelado y enmendado con gravilla, se aportó una capa de estiércol con un espesor de unos 8 mm. y sobre ésta capa, otra de arena de granulometría gruesa de unos 10 cm de espesor.

El análisis de suelo proporciona información sobre las características estructurales del suelo y sus propiedades físico-químicas, datos fundamentales de referencia para llevar un adecuado manejo del cultivo. La textura del suelo es franco-arenosa (60% arena, 25% limo y 15% arcilla). Las propiedades físico-químicas se detallan en la Tabla 12 donde figuran los datos del análisis del extracto saturado realizado al suelo de la finca el 19 de septiembre de 2005 en los "Laboratorios EYCOM S.L." de Almería.

Tabla 11. Análisis del extracto saturado.

PARAMETRO	RESULTADOS		
Materia Orgánica (%)	1,91		
Carbono orgánico (C ₉) (%)	1,11		
Carbonatos totales (CaCO ₃) (%)	35,8		
Caliza activa (CaCO ₃) (‰)	6,0		
Potasio asimilable (ppm)	471		
Fósforo asimilable (Olsen) (ppm)	86		
Nitrógeno nítrico (ppm)	97		
ANÁLISIS TEXTURAL	Textura Franco-Arenosa Arena:60%. Limo:25%. Arcilla:15%		
CACIONES DE CAMBIO	Ppm	meq 100 g ⁻¹	% meq
Sodio	293	1,27	1,49
Potasio	471	1,20	4,41
Calcio	16159	80,63	94,28
Magnesio	294	2,42	2,83
Cationes totales	17215	85,52	
EXTRACTO SATURADO			
pH	7,7		
CE (μS/cm)	3350		
Relaciones Iónicas			
Ca ⁺⁺ /Mg ⁺⁺	33,35		
Ca ⁺⁺ /Na ⁺	63,33		
K ⁺ /Mg ⁺⁺	0,50		

3.6. Instalaciones y equipamientos.

La finca dispone de un almacén para la gestión de los invernaderos que se divide en los siguientes equipamientos especiales:

- Oficinas
- Sala de cámaras frigoríficas
- Sala de cabezales de riego.
- Sala de calderas.



Figura 42. Detalle exterior de la nave de servicios.

3.6.1. Sistemas de riego.

El riego del cultivo se realizó por el sistema de goteo con el fin de reducir las pérdidas de agua y de disminuir las necesidades de mano de obra que requiere esta operación. La instalación consta de una serie de tuberías dispuestas sobre la superficie del suelo y fabricadas con polietileno de baja densidad que portan a su vez los emisores o goteros. Estos permiten la salida del agua al exterior en forma de goteo, de ahí el nombre que recibe el sistema.

El agua llega hasta el invernadero desde el cabezal de riego mediante tuberías enterradas de PVC que conectan las tuberías superficiales de polietileno y suministran el agua a través de ellas. La disposición de las plantas se realizó en líneas pareadas, con una distancia entre cada dos líneas pareadas de 1 m y entre plantas de 0,5 m (1 planta por 2 goteros). Los ramales portagoteros están colocados en la misma dirección que las líneas de cultivo y el sentido de circulación del agua en ellos es descendente para evitar que, al finalizar el riego, el agua que llena las tuberías se desplace hacia los primeros goteros de los ramales y éstos reciban más agua que los últimos. Con ello se consigue que el cultivo sea más homogéneo en su desarrollo al ser también la distribución del agua más uniforme en la parcela.



Figura 43. Detalle de la distribución de las líneas portagotos.

El sistema de riego de la finca experimental de la fundación UAL-ANECOOP se compone de los siguientes elementos.

3.6.2. Balsas de riego.

La finca dispone de 2 balsas para riego, cada una con una capacidad de unos 5000 m³., impermeabilizadas y cubiertas con polietileno negro. Una de las balsas almacena agua procedente de la planta depuradora de Almería, que presenta una CE 1,8-2 dS·m⁻¹. La otra balsa almacena agua de lluvia, que es recogida por las canaletas instaladas en los invernaderos de la finca y reconducida a través de una red de tuberías, su CE es de 0,3-0,6 dS·m⁻¹.

Para el impulso del agua, existen dos bombas centrífugas multicelulares (una para cada balsa). El sistema permite mezclar el agua según requerimientos del cultivo, es decir, en función de la conductividad eléctrica deseada. Antes de llegar al cabezal de riego, el agua pasa por unos filtros de anillas.



Figura 44.Detalle de una de las balsas de riego.

3.6.3. Cabezal de riego.

El cabezal de riego de la finca está constituido por:

- Sistema de impulsión: básicamente consta de una bomba centrífuga de impulsión de 3 CV de potencia y de un piezómetro de estabilización del flujo de agua

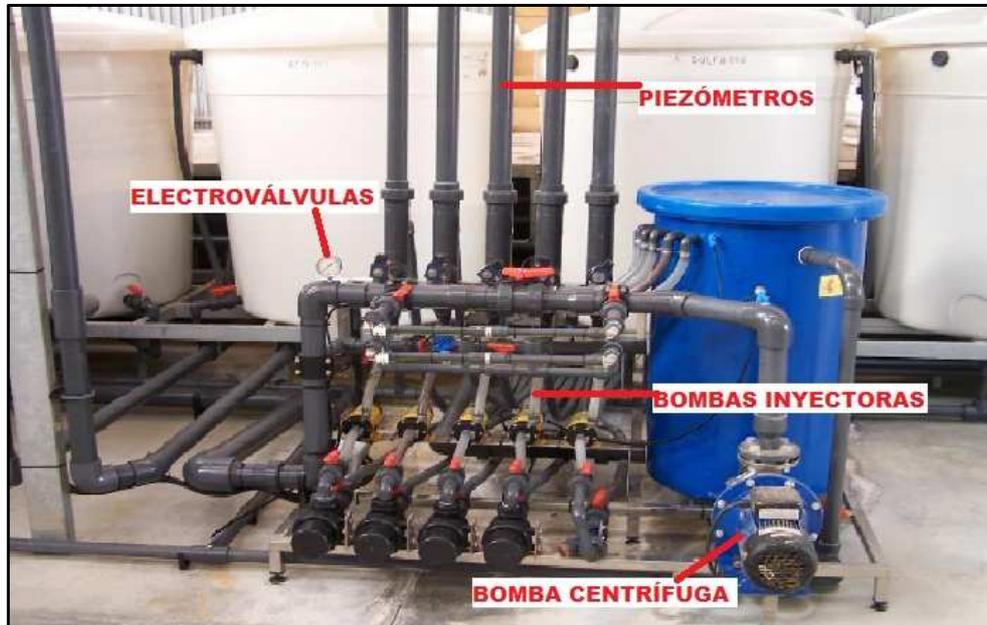


Figura 45. Cabezal de riego.

- Sistema de fertirrigación: constituido por:
 - Tanque de solución de fertilizante madre
 - 5 tanques con capacidad para 1000 L cada uno
 - 1 tanque con capacidad para 500 L para microelementos
 - Bomba inyectora de fertilizante
 - Electroválvula
 - Ordenador de control

El sistema cuenta con dos sensores de pH y dos de CE para detectar posibles errores en el circuito. En caso de error, el sistema está programado para detener el abastecimiento hídrico.



Figura 46. Detalles de tanques.



Figura 47. Detalle del tanque de mezcla.

- Sistema de filtrado: dispone de un filtro de mallas que retiene las impurezas que puedan existir en la solución fertilizante.

3.6.4. Red de distribución.

La red de distribución comienza con una tubería de impulsión que se extiende desde el cabezal de riego hasta el invernadero. Existe una electroválvula principal con la que se controla el paso del agua desde el sistema de fertirriego hasta los ramales de riego.

En el invernadero, el sistema se divide en cuatro sectores de riego independientes, que son controlados con electroválvulas. La tubería principal que une la válvula principal con el invernadero es de PVC con un diámetro interior de

60 mm. Las tuberías portarramales y portagoteros son de PE y tienen un diámetro interior de 32 y 12 mm, respectivamente.

Los emisores empleados son autocompensantes, antidrenantes y de caudal nominal de $3\text{l}\cdot\text{h}^{-1}$.

3.7. Material Vegetal

3.7.1. Características de la variedad empleada en el ensayo

La variedad de tomate (*Lycopersicon esculentum*) utilizada fue Amilda. Planta vigorosa con buena cobertura foliar y entrenudo medio. Buen comportamiento con frío y muy poca sensibilidad a *Botrytis cinerea*. El fruto destaca por su color rojo intenso, siendo recomendado para plantaciones tempranas y medias de agosto (3 de agosto en mi caso). Recolección en suelto y en ramo obteniendo una alta producción comercial y calidad de fruto. Características de la variedad Amilda:

- Los frutos son de calibre M, pudiendo llegar hasta G.
- Muy buen color rojo intenso en su madurez y de aspecto muy brillante.
- Frutos consistentes y de larga conservación
- Se pueden recolectar individualmente o en ramillete, siendo necesario la poda del mismo.
- Planta de vigor medio adaptada a los trasplantes de mediados de agosto hasta mediados de septiembre, según zonas.
- Buen comportamiento frente a bajas temperaturas, con buena floración y cuajado.
- Destaca por su alta producción comercial.
- Fruta con una buena tolerancia al microcracking y al rajado.
- Resistencia alta HR: ToMV:0-2 / Fol:1,2 / TMV:0 / V/Ff:2,4.
- Resistencia intermedia IR: TYLCV.



Figura 48. Muestra de la Variedad utilizada.

3.8. Manejo del cultivo.

3.8.1. Ciclo de cultivo

Se realizó un ciclo corto (otoño), extendiéndose entre los meses de Agosto de 2011 y Enero de 2012. Se trasplantó el día 3/08/2011, la primera recolección se inició el 23 de Octubre (82 DDT), haciendo un total de 13 recolecciones y se finalizó el cultivo el día 17/01/2012 (167 DDT) procediendo al arrancado de las plantas.

Tabla 12. Ciclo de cultivo empleado en el ensayo.

Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	
3	Desarrollo		Recolección			17

3.8.2. Marco de plantación.

El marco de plantación durante el ensayo fue de 2 plantas/m²

3.8.3. Trasplante.

Después de 30-35 días de realizada la siembra en el semillero, el trasplante al invernadero fue el 3 de Agosto.



Figura 49. Planta de tomate recién trasplantada recibiendo su primer riego.

3.8.4. Destallado.

Consiste en la eliminación de brotes axilares para mejorar el desarrollo del tallo principal. Esta tarea se realizó con la mayor frecuencia posible, para evitar la pérdida de biomasa fotosintéticamente activa y la realización de heridas.

Siempre se intentó que los cortes fuesen lo más limpios posibles para evitar la posible entrada de enfermedades. Es importante no destallar los brotes que poseen flores.

En la tabla 14, se muestran las fechas expresadas en DDT de las labores de destallado durante el cultivo.

3.8.5. Entutorado.

Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y principalmente los frutos toquen el suelo, mejorando así la aireación general de la planta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación así mismo que la realización de las labores culturales (destallado, recolección, etc). Todo ello repercute en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades.

La realización de esta práctica se realizó con hilo de rafia, conduciendo un tallo por el mismo, eliminando los tallos axilares del tallo principal, permitiendo el crecimiento indefinido de la guía principal hasta su despunte. Se utilizaron perchas.

En la tabla 14, se muestran las fechas expresadas en DDT de las labores de entutorado durante el cultivo.



Figura 50. Hilo de rafia utilizado para entutorar. Detalle de las perchas.

Según estudios realizados por la estación experimental Las Palmerillas de la Fundación Cajamar, el descuelgue con perchas provoca un incremento en la producción comercial. Se obtuvieron 28,4 kg de tomate por cada metro de invernadero frente a 18,8 k del descuelgue tradicional con 1,33 tallos por metro y 21,4 del sistema tradicional a 2 tallos por m. Además, señala el informe de resultados de la finca experimental, el aumento de la producción por el sistema de

perchas es con un 74% de ramos de tomate de 1ª categoría. Además, no sólo se produce más sino que lo hace en épocas de mayor interés económico. Si bien este sistema conlleva un mayor gasto en mano de obra, un trabajador más cada hectárea, la mejora de la rentabilidad es una opción muy aconsejable para los tomates en invernadero.

Tabla 13. Ventajas e inconvenientes del sistema de descuelgue con perchas.

Ventajas	Inconvenientes
La planta siempre se desarrolla hacia arriba, recibiendo más radiación las hojas jóvenes.	Mayor gasto de mano de obra.
Mejora el movimiento de la savia de la planta.	Necesidad de mano de obra especializada.
Permite aumentar la densidad de plantación (1,7-2 tallos/ m ²)	Mayor concentración de las labores culturales
Mejora la aireación y la penetración de los tratamientos fitosanitarios.	Se necesitan estructuras mas altas
Se puede retrasar la aplicación de blanqueos.	
En definitiva, mejora la calidad del fruto y aumenta la producción.	

3.8.6. Poda.

La poda de formación se realizó a las 3 semanas del trasplante. En el 8º ramo se produjo el despunte del meristemo apical

3.8.7. Polinización.

Para el cuajado de los frutos se emplearon colmenas comerciales de *Bombusterrestris* (*Polibiol*), de 60-80 individuos por colmena (adultos más larvas). Se colocó una colmena en el invernadero cuando existía floración en el cultivo, teniendo la planta suficiente polen. El tiempo útil de una colmena varía en torno a 2 ó 3 meses.

El uso de abejorros se ha generalizado, en primer lugar por su adaptación al nuevo sistema de cultivos protegidos de invernaderos. La luz solar, cuando se filtra a través del techo plástico de los invernaderos, crea una luz difusa que dificulta a los insectos la visualización de los colores. Las abejas se ven seriamente afectadas en ésta situación, pero los abejorros pueden visualizar mejor los colores y orientarse hacia las flores.



Figuras 51 y 52. Individuo de *Bombusterrestris* polinizando la flor.



Figura 53. Detalle de la colmena empleada.

3.8.8. Deshojado.

A lo largo del ciclo del cultivo se llevó a cabo la práctica del deshojado, quitando las hojas viejas, así de este modo, evitar en la medida de lo posible enfermedades y a su vez aumentar luminosidad y aireación, consiguiendo mejor maduración y calidad del fruto. En la tabla 14 se muestran las labores de destallado, deshojado y entutorado así como las cosechas realizadas

Tabla 14. Labores de destallado, deshojado, entutorado y cosechas durante el ciclo de cultivo expresado en días después de trasplante (DDT).

Destallado (DDT)	Deshojado (DDT)	Entutorado (DDT)	Cosechas (DDT)
24-25	57	37-38	82
30	59	71-72	89
35-36	73-74	73	96
39	97-99	75	103
41			110
48-49			117
55-56			124
74			131
82-83			138
94			146
96			153
111			159
			166



Figura 54. Detalle de zancos utilizados para prácticas culturales.

3.8.9. Recolección

A continuación, la tabla 15 muestra las 13 cosechas realizadas a lo largo del cultivo.

Tabla 15. Cosechas realizadas expresadas en días después de trasplante (D.D.T).

	D.D.T.
	82
	89
	96*
	103
	110
	117*
Recolección	124
	131
	138*
	146
	153
	159
	166*

D.D.T. = Días después de trasplante
* Cosecha calidad



Figura 55. Cajas ordenadas en palets para su posterior transporte a cooperativa.

3.9. Riego y fertilización

Se contó con:

- 4 Sectores de riego, 2 sectores/tablar.
- 44 ramales portagoteros/tablar.
 - 21 líneas dobles.
 - 2 líneas simples en los extremos.
- Tablar Norte  40 goteros/ramal (Total = 1750 goteros)
- Tablar Sur  40 goteros/ramal (Total = 1750 goteros)
- 2 goteros/ m² – Caudal nominal = 3 L/ hora
- Separación de Ramales portagoteros: Están colocados en líneas pareadas con 0,5 metros de separación entre ambas y 1,50 m de separación entre ramales en pasillos.

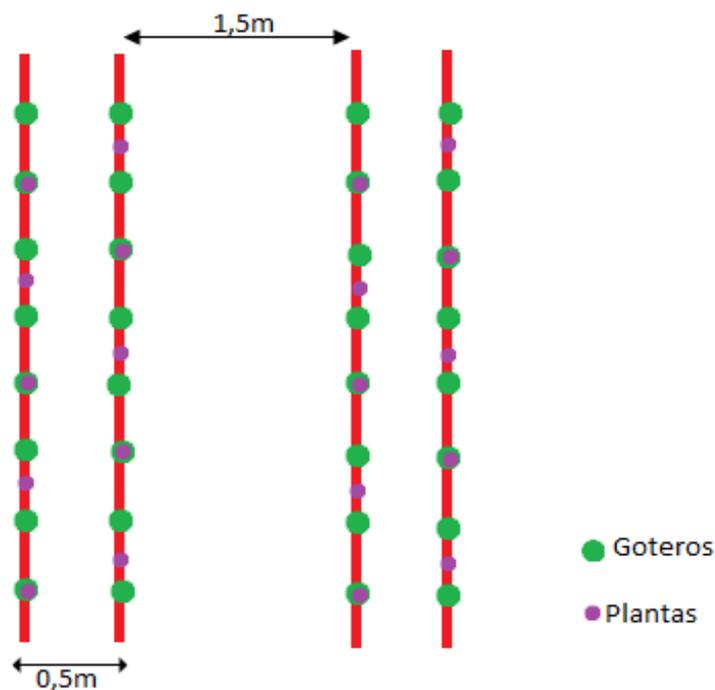


Figura 56. Croquis de la ubicación de los goteros y las plantas.

Tabla. 16. Análisis de Agua.

INFORME DE ENSAYO

**AGUA DE Balsa. COMUNIDAD DE REGANTES 4 VEGAS.
AGUA DE RIEGO**

Tipo de muestra: AGUA CONTINENTAL NO TRATADA

Fecha de recepción: 10/01/2012

Fecha emisión informe: 13/01/2012

Fecha inicio ensayo: 10/01/2012

Fecha finalización ensayo: 13/01/2012

Parámetro Resultados Procedimiento Técnica

Boro 0,77 mg/L LAB 1-03-41 Espectrofotometría

pH 7,7 udes. pH LAB 1-03-01 Electrometría

Conductividad a 20°C 1938 µS/cm LAB 1-03-02 Electrometría

Dureza * 72 °HTF LAB 1-03-24 Cálculo

Relación de absorción de sodio (SAR) * 4,0 LAB 1-03-22 Cálculo

LAB 1-01-14

Cloruro 6,44 mmol/L LAB 1-01-14 Cromatografía Iónica

Nitrato 0,36 mmol/L LAB 1-01-14 Cromatografía Iónica

Sulfato 5,36 mmol/L LAB 1-01-14 Cromatografía Iónica

Fosfato <0,03 mmol/L LAB 1-01-14 Cromatografía Iónica

PROCEDIMIENTO LAB 1-03-53

Carbonato <0,40 mmol/L LAB 1-03-53 Volumetría

Bicarbonato 5,20 mmol/L LAB 1-03-53 Volumétrica

Alcalinidad total 5,20 mmol/L LAB 1-03-53 Volumetría

PROCEDIMIENTO LAB 1-02-08

Sodio 7,54 mmol/L LAB 1-02-08 EAA

Potasio 0,28 mmol/L LAB 1-02-08 EAA

Calcio 3,19 mmol/L LAB 1-02-08 EAA

Magnesio 3,99 mmol/L LAB 1-02-08 EAA

Tabla 17. Plan de fertilización.

Fertilizante (Kg)	15/08/11– 31/08/11	01/09/11– 30/09/11	01/10/11– 31/10/11	01/11/11– 30/11/11	01/12/11– 31/12/11	01/01/12– 13/01/12
Nitrato Cálcico	4,89	19,20	39,10	15,80	8,90	7,60
Nitrato Potásico	4,20	14,40	19,50	17,80	14,80	5,80
Sulfato Potásico	4,93	4,80	9,80	11,90	-	5,14
Sulfato Magnésico	0,61	2,40	3,30	2,00	-	0,64
Ácido Fosfórico (72%)	3,68	3,40	15,00	2,80	6,20	
Ácido Nítrico (54%)	6,17	5,80	23,50	14,20	14,20	7,43

Tabla 18. Plan de agua.

	03/08/11– 31/08/11	01/09/11– 30/09/11	01/10/11– 31/10/11	01/11/11– 30/11/11	01/12/11– 31/12/11	01/01/12– 13/01/12
Agua (m ³)	40,40	74,40	143,7	79,80	56,60	25,10

3.10. Incidencias de plagas y enfermedades y su control.

A excepción de alguna planta afectada por *Botrytis cinérea*, a las que se le aplicó un compuesto a base de azufre y oxiclورو de cobre, durante el cultivo no fue necesario tratar contra ninguna enfermedad fúngica, tampoco se realizaron tratamientos al suelo durante el mismo. Para el control de *Tuta absoluta* se emplearon feromonas



Figura 57. Daños de polilla del tomate *Tuta absoluta* en hoja.



Figuras 58, 59, 60 y 61. Tratamiento de *Botrytis cinérea*



Figura 62.Efectos de *Botrytis cinérea*.



Figura 63.Trampas con feromonas.

3.11. Fin de cultivo.

El cultivo finalizó el día 17/01/2012 (167 DDT) procediendo al arrancado de las plantas. Para reducir los costes de retirada de material vegetal se dejaron las plantas varios días en el invernadero para su deshidratación y así ocupar menos volumen.

3.12. Diseño experimental.

Previo al trasplante se realizaron tratamientos de biodesinfección con los distintos materiales, que conformaron los siguientes tratamientos experimentales:

Tabla 19. Tratamientos experimentales.

T ₀	Tratamiento testigo, sin aportar materia orgánica al suelo antes del trasplante.
T ₁	Aplicación de "Biofence" (pellets de Brassicas) a razón de 0,3 kg·m ⁻² .
T ₂	Aplicación de Brassicas empacadas a razón de 0,8 kg·m ⁻²
T ₃	T ₂ + 0,15 kg·m ⁻² de gallinazadeshidratada.
T ₄	T ₁ + Activador microbiológico "cocktail" Biolimp.

Se practicaron 4 repeticiones para cada tratamiento, lo que hace un total de 20 unidades experimentales virtuales (u.e.v.). Cada u.e.v. consiste en cuatro portarramales contiguos de cultivo, a uno u otro lado del pasillo central. Las unidades experimentales virtuales fueron cubiertas en un 50% de su superficie con plástico para llevar a cabo la biodesinfección con solarización (figura 57). La otra mitad de la u.e.v. no se cubrió con plástico tras aplicar la materia orgánica. De este modo contamos con 40 unidades experimentales verdaderas. Los muestreos se realizarán sólo en el línea central de la unidad experimental para evitar el "efecto borde".

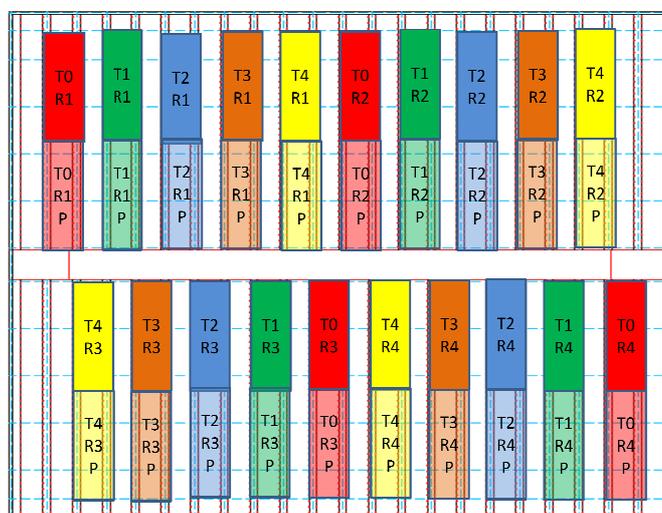


Figura 64. Diseño Experimental del ensayo.

Las medidas de producción y rendimiento se realizaron semanalmente coincidiendo con todas las cosechas realizadas, siendo la primera cosecha el 23 de octubre (82 DDT), y la última el 16 de enero de 2012 (166 DDT). En total se realizaron 13 cosechas. Se estudió la producción total (kg/m²), y para evaluar el rendimiento, el peso medio del fruto (g) y el número de frutos comerciales por unidad de superficie (nºfrutos/m²). En lo referente a la producción, el fruto de cada unidad experimental verdadera, diferenciado en calidad comercial y destrío, se pesó con una balanza electrónica de 0,01 kg de precisión, obteniendo la producción total como la suma de la producción comercial y de destrío. El peso medio del fruto comercial se obtuvo de

pesar 25 frutos comerciales seleccionados al azar, obteniendo a partir de éste valor y de la producción comercial el número de frutos comerciales. Los DDT sombreados en la tabla 15 corresponden a los días de estudio de la calidad del fruto.

Los parámetros para evaluar la calidad del fruto de tomate se midieron cada 3 cosechas, en total fueron medidos 4 veces a lo largo del cultivo. Para ello, en cada uno de los muestreos realizados, se cogieron al azar 10 frutos comerciales de cada unidad experimental verdadera (400 frutos en cada uno de los 4 muestreos, 1600 frutos en total).

Las aplicaciones de materia orgánica se hicieron mediante biodesinfección con dos técnicas diferentes: Biofumigación y Biosolarización. En la Biofumigación, las materias orgánicas fueron enterradas bajo la arena y para mantener el sellado, tras un primer riego a saturación de 4 horas ($24 \text{ l}\cdot\text{m}^{-2}$), se aplicaron riegos de 1 hora ($6 \text{ l}\cdot\text{m}^{-2}$) cada 3 días durante los 30 que abarcó el tratamiento. En la Biosolarización, se aplicó sólo una vez el riego a saturación ($24 \text{ l}\cdot\text{m}^{-2}$), después de haber cubierto el suelo con un polietileno transparente (200 galgas).

Se realizó la apertura de los surcos en los que se incorporaron las distintas materias orgánicas empleadas en los tratamientos, para ello se apartó la arena hasta aparecer el suelo original. Un tractor apisonó el material y cubrió con la arena apartada las materias incorporadas. Puesto que los restos de Brassicas empacadas no quedaron cubiertos en su totalidad por la arena, éstos fueron apisonados y cubiertos en su totalidad con la arena, mediante trabajo manual empleando para ello azadas.



Figuras 65 y 66. Apertura y posterior apisonado de la arena.



Figura 67. Detalle plástico solarización.

3.13. Toma de datos. Parámetros estudiados

La toma de datos se realizó de sobre la línea de cultivo de cada parcela elemental o repetición. Los muestreos se realizarán sólo en el línea central de la unidad experimental para evitar el “efecto borde”. Desde la primera recolección (DDT 82) hasta la última (DDT 166), se midieron parámetros de producción en todas las recolecciones, y de calidad cada 3 cosechas.

En la figura 61 puede observarse un esquema con el proceso de toma de datos llevado a cabo en nuestro ensayo.

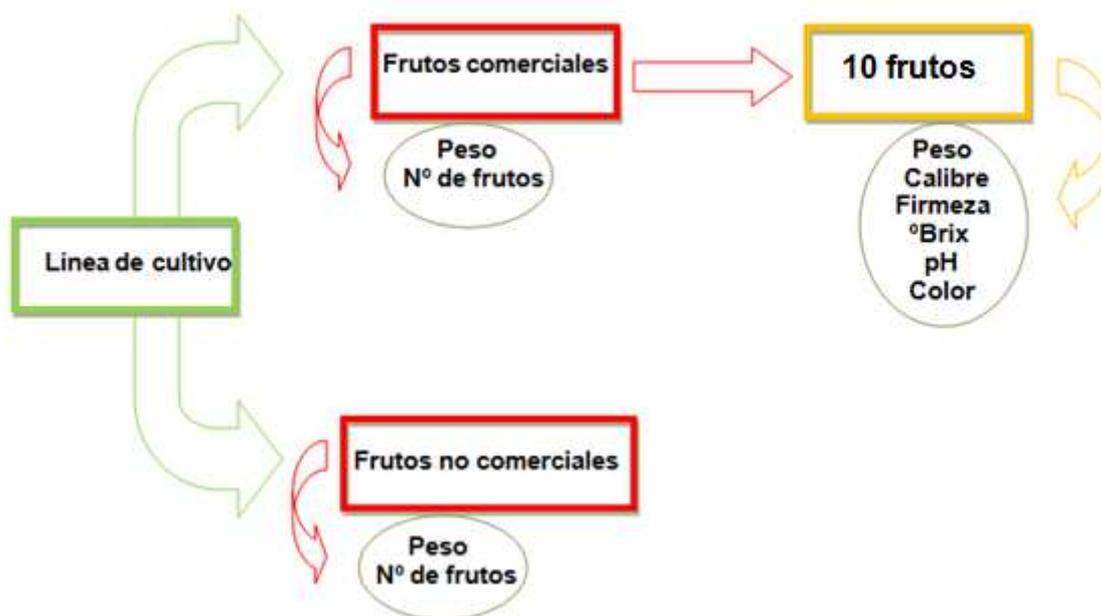


Figura 68. Esquema de trabajo para la toma de datos en campo.

Se separó en campo los frutos comerciales de los no comerciales pesándolos por separado en una báscula. Dentro de los frutos comerciales se escogían 10 frutos al azar, en los que se avaluó el calibre, color, firmeza, °Brix y pH. Los ensayos de calidad coincidían el mismo día de la realización de la toma de datos de producción cada 3 cosechas.

3.14. Producción.

Las medidas de producción y rendimiento se realizaron semanalmente coincidiendo con todas las cosechas realizadas, siendo la primera cosecha el 23 de octubre (82 DDT), y la última el 16 de enero de 2012 (166 DDT). En total se realizaron 13 cosechas. Se estudió la producción total y producción comercial (kg/m^2), y para evaluar el rendimiento, número de frutos comerciales por unidad de superficie ($\text{n}^\circ\text{frutos/m}^2$) y el peso medio del fruto (g) y. En lo referente a la producción, el fruto de cada unidad experimental verdadera, diferenciado en calidad comercial y destrío, se pesó con una balanza electrónica de 0,01 kg de precisión, obteniendo la producción total como la suma de la producción comercial y de destrío. El peso medio del fruto comercial se obtuvo de pesar 25 frutos comerciales seleccionados al azar, obteniendo a partir de éste valor y de la producción comercial el número de frutos comerciales.



Figura 69. Bascula utilizada durante producción.

El criterio designado para definir la producción no comercial fue separar de la producción comercial todos aquellos frutos que debido a una fisiopatía o daño mecánico no eran apropiados para su comercialización.



Figura 70. Operarias cosechando los tomates diferenciando comercial de no comercial.

3.15. Calidad.

Los parámetros para evaluar la calidad del fruto de tomate se midieron cada 3 cosechas, en total fueron medidos 4 veces a lo largo del cultivo. Para ello, en cada uno de los muestreos realizados, se cogieron al azar 10 frutos comerciales de cada unidad experimental verdadera (400 frutos en cada uno de los 4 muestreos, 1600 frutos en total).

3.15.1. Calibre del fruto.

Se procedió midiendo el diámetro ecuatorial de cada fruto, haciendo uso de un calibre electrónico MITUTOYO modelo Digital Caliper Within (MEDID) Max. 150 mm. Con precisión 0,01 mm.



Figura 71. Detalle de la toma de medida del diámetro ecuatorial.

3.15.2. Color.

Mediante colorímetro triestímulo (L, a, b), modelo CHROMA METER MEASURING HEAD CR-400 HEAD Konica-Minolta. Se realizaron 3 medidas en cada fruto, en tres lugares de la zona ecuatorial equidistantes 120° . Los resultados se presentan como L y a/b, tal y como fue estudiado en los ensayos de la USDA (Batu, 2003).



Figura 72. Detalle del colorímetro triestímulo utilizado durante el ensayo.



Figura 73. Lecturas realizadas en el colorímetro triestímulo.

3.15.3. Firmeza del fruto.

Mediante penetrómetro modelo PENECEL DFT14 Digital Firmnesstester. Agrotechnologie con puntal de 8 mm de diámetro y una precisión de 0,001 Kg/cm².

Se realizaron 3 medidas en cada fruto en la zona ecuatorial, de forma que estas medidas fueron equidistantes 120° para minimizar la distorsión que sucede al tomar 2 medidas muy próximas debido al daño que se produce al fruto, siendo la ejecución de la medida con el siguiente procedimiento:

1. Eliminación de la epidermis del fruto donde se va a realizar la medida.



Figura 74.Detalle de la eliminación de la epidermis.

2. Colocamos el penetrómetro en la superficie pelada y se le aplica una presión progresiva hasta que el fruto cede y el penetrómetro se introduce en la pulpa del fruto hasta el tope de este instrumento.



Figura 75. Penetrómetro empleado durante el ensayo.

3.15.4. Contenido en sólidos solubles.

Mediante refractómetro modelo PAL-1 ATAGO® POCKET (Brix 0,0-53,0 %), con precisión de 0,1 °Brix. Se procedió primero al calibrado ajustando el cero con agua destilada y posteriormente depositando el jugo del tomate obteniendo de este modo la medida.

Es necesario limpiar después de cada medida la superficie de medida con agua destilada para evitar distorsión en las posteriores medidas. Como para la realización de esta medida se necesita únicamente una mitad del fruto, la otra mitad no se tiro y se aprovechó para consumo propio.



Figura 76. Detalle refractómetro.

3.15.5. pH.

Mediante el pH-metro modelo CRISON pH 25 (Electrodo de pH 50 50 T) con una sensibilidad de 0,01. Midiendo con la sonda, el pH del jugo de tomate. Para la evaluación del pH del tomate se realizó una extracción del jugo de los tomates, siendo posteriormente medido por el pH-metro. Es necesario limpiar la sonda tras realizar las medidas para evitar distorsión en las siguientes medidas.



Figura 77. Detalle del equipo de pH-metro empleado.

3.16. Análisis estadístico de los datos.

Los análisis realizados para las comparaciones entre materias orgánicas y entre técnicas de biodesinfección consistieron en análisis de la varianza (ANOVA) factorial. Previamente, al tratarse de ANOVA paramétrico se comprobaron las asunciones de Normalidad y Homocedasticidad.

Los análisis se plantearon de la siguiente forma:

- Con objeto de comparar los distintos tratamientos entre sí, se analizaron los datos de cada parámetro estudiado. Para cada momento considerado, las variables independientes fueron los tratamientos y los bloques, y la dependiente, cada uno de los parámetros estudiados.
- Con objeto de comparar las técnicas de desinfección empleadas entre sí, se analizaron los datos de cada parámetro estudiado. Las variables independientes fueron la técnica de desinfección y los bloques, y la dependiente, cada uno de los parámetros estudiados.

El método empleado para la comparación de las medias fue el procedimiento de las diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD) al 95%.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Producción total por unidad de superficie.

4.1.1. Producción total en función de los tratamientos realizados.

La tabla 20, muestra los resultados obtenidos en el estudio de la producción total acumulada a lo largo del cultivo de tomate cv. Amilda en función de las diferentes materias orgánicas adicionadas sin y con solarización (biofumigación y biosolarización respectivamente).

Considerando los diferentes tratamientos en biofumigación, el testigo comenzó el ciclo de cultivo con una mayor producción en comparación al resto de tratamientos. El tratamiento con 0,8 kg Brassicas (T_2), comenzó siendo el menos productivo seguido del tratamiento con 0,15 Kg de Brassicas + Gallinaza (T_3). El tratamiento con 0,3 kg de Biofence® (T_1) finalizó como el más productivo. Según muestra la tabla 20, no presenta diferencias significativas ($p < 0,05$) en ninguno de los análisis realizados a lo largo del ciclo de cultivo, ni tampoco al finalizar el mismo.

Considerando los diferentes tratamientos en biosolarización, el testigo fue el más productivo durante todo el ciclo sin destacar sobre el resto de tratamientos, siendo el tratamiento T_{3p} el menos productivo hasta finales de ciclo de cultivo obteniendo una mayor producción que el tratamiento T_{2p} , finalizando el cultivo como el menos productivo. Según muestra la tabla 20, no presenta diferencias significativas ($p < 0,05$) en ninguno de los análisis realizados a lo largo del ciclo de cultivo, ni tampoco al finalizar el mismo.

El ensayo de Gómez et al., 2010 que estudia los efectos de la biofumigación sobre cultivos en tomate (var. Marmande), concluyeron que la biofumigación comporta un incremento en la altura de la planta y de la peso de los frutos.

Tabla 20. Efecto sobre la producción total por unidad de superficie ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) de tomate cv. Amilda en función de diferentes tratamientos de biodesinfección sin (T_0, T_1, T_2, T_3, T_4) y con solarización ($T_{0p}, T_{1p}, T_{2p}, T_{3p}, T_{4p}$).

DDT							
Biofumigación	82	89	96	103	110	117	124
T_0 =Testigo	1,06±0,28	1,81±0,38	2,29±0,39	2,91±0,42	3,59±0,38	4,31±0,34	5,09±0,31
T_1 =Biofence 0,3 Kg/ m^2	0,88±0,21	1,61±0,28	2,06±0,35	2,77±0,41	3,42±0,51	4,26±0,61	5,20±0,60
T_2 =Brassicas 0,8 Kg/ m^2	0,77±0,18	1,48±0,21	1,87±0,22	2,54±0,37	3,20±0,57	3,99±0,62	4,83±0,67
T_3 = T_2 + Gallinaza 0,15 Kg/ m^2	0,79±0,27	1,54±0,43	1,97±0,48	2,60±0,56	3,28±0,63	3,98±0,60	4,80±0,54
T_4 = T_1 + Biolimp	0,98±0,33	1,74±0,43	2,22±0,47	2,81±0,54	3,51±0,69	4,21±0,73	5,05±0,75
p-valor	0,3969	0,4944	0,3270	0,5576	0,6310	0,7067	0,6201
	131	138	146	153	159	166	
T_0 =Testigo	5,71±0,29	6,40±0,23	7,07±0,27	7,77±0,28	8,28±0,27	8,84±0,34	
T_1 =Biofence 0,3 Kg/ m^2	5,88±0,63	6,66±0,66	7,46±0,67	8,27±0,66	8,94±0,74	9,59±0,74	
T_2 =Brassicas 0,8 Kg/ m^2	5,51±0,74	6,32±0,68	7,01±0,57	7,82±0,57	8,37±0,50	9,03±0,51	
T_3 = T_2 + Gallinaza 0,15 Kg/ m^2	5,47±0,47	6,19±0,52	6,89±0,55	7,67±0,55	8,22±0,56	8,83±0,41	
T_4 = T_1 + Biolimp	5,68±0,71	6,34±0,73	7,10±0,71	7,83±0,71	8,41±0,65	8,98±0,60	
p-valor	0,6839	0,6611	0,4047	0,3399	0,1377	0,0886	
DDT							
Biosolarización	82	89	96	103	110	117	124
T_{0p} =Testigo	1,09±0,11	1,88±0,16	2,46±0,20	3,07±0,26	3,93±0,34	4,71±0,33	5,50±0,31
T_{1p} =Biofence 0,3 Kg/ m^2	1,02±0,43	1,78±0,55	2,32±0,50	3,05±0,54	3,83±0,62	4,61±0,75	5,43±0,74
T_{2p} =Brassicas 0,8 Kg/ m^2	0,92±0,34	1,72±0,46	2,20±0,47	2,97±0,65	3,72±0,78	4,45±0,78	5,26±0,66
T_{3p} = T_2 + Gallinaza 0,15 Kg/ m^2	0,85±0,29	1,64±0,27	2,12±0,39	2,76±0,57	3,54±0,77	4,33±0,71	5,14±0,73
T_{4p} = T_1 + Biolimp	1,18±0,35	1,98±0,48	2,55±0,57	3,11±0,78	3,79±0,96	4,45±1,00	5,20±0,92
p-valor	0,3317	0,3273	0,1049	0,5966	0,5895	0,5322	0,3810
	131	138	146	153	159	166	
T_{0p} =Testigo	6,24±0,25	7,04±0,24	7,87±0,27	8,68±0,30	9,34±0,37	10,00±0,50	
T_{1p} =Biofence 0,3 Kg/ m^2	6,15±0,82	6,95±0,80	7,73±0,86	8,55±0,87	9,17±0,86	9,86±0,89	
T_{2p} =Brassicas 0,8 Kg/ m^2	5,92±0,65	6,71±0,54	7,39±0,49	8,10±0,39	8,62±0,35	9,31±0,26	
T_{3p} = T_2 + Gallinaza 0,15 Kg/ m^2	5,84±0,66	6,63±0,56	7,33±0,53	8,12±0,44	8,77±0,27	9,40±0,21	
T_{4p} = T_1 + Biolimp	5,92±0,82	6,75±0,69	7,51±0,61	8,32±0,58	8,97±0,47	9,70±0,47	

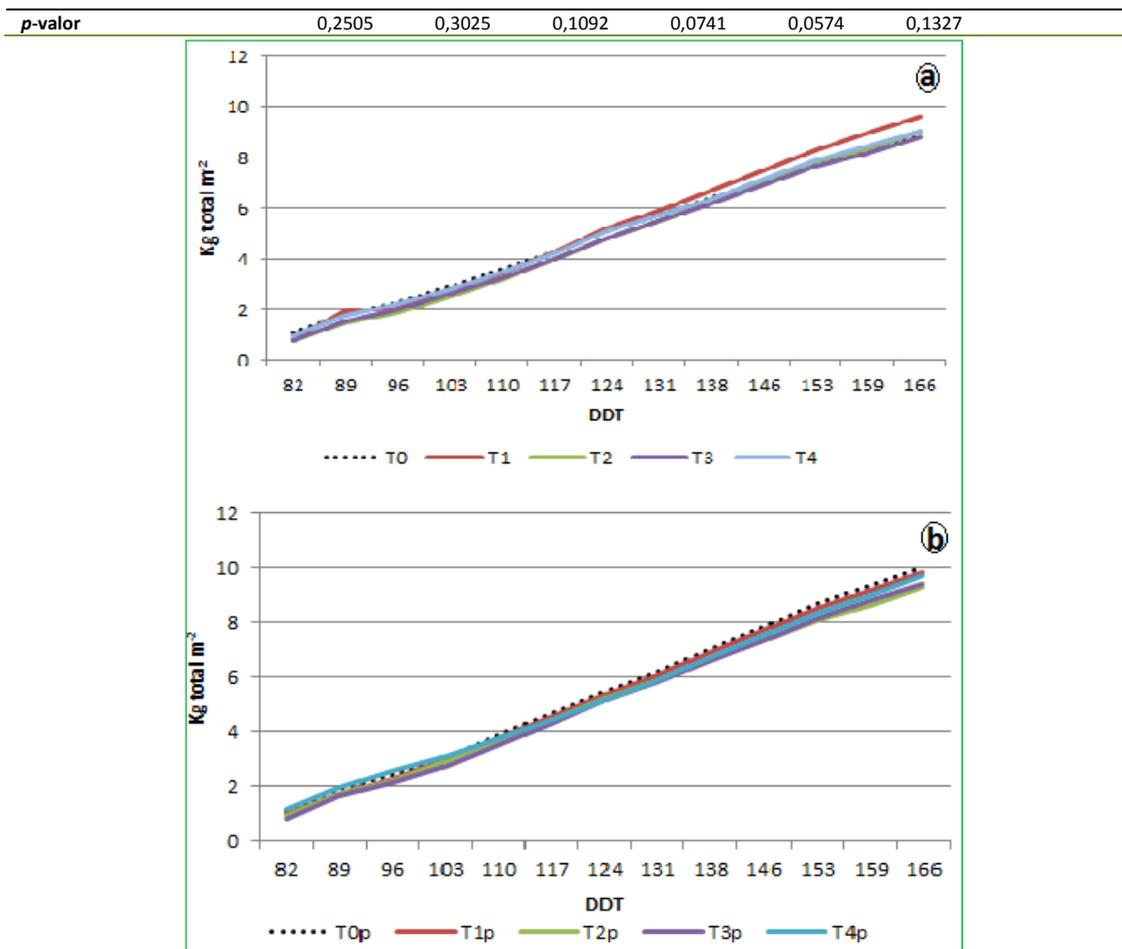


Figura 78. Evolución de la producción total por unidad de superficie (kg m⁻²) del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de las diferentes materias orgánicas empleadas en los tratamientos de biodesinfección; biofumigación (a) y biosolarización (b). (a) (T₀: Testigo, T₁: Biofence 0,3Kg m⁻², T₂: Brassicas 0,8 Kg m⁻², T₃: T₂+Gallinaza 0,15 Kg m⁻², T₄: T₁+Biolimp) y con solarización (b) (T_{0p}: Testigo, T_{1p}: Biofence 0,3Kg m⁻², T_{2p}: Brassicas 0,8 Kg m⁻², T_{3p}: T₂+Gallinaza 0,15 Kg m⁻², T_{4p}: T₁+Biolimp).

4.1.2. Producción total en función de las técnicas de desinfección empleadas.

La tabla 21, muestra los resultados obtenidos en el estudio de la producción total acumulada a lo largo del cultivo de tomate cv. Amilda en función de las técnicas de desinfección empleadas.

Considerando las diferentes técnicas de desinfección, la figura 79 muestra una mayor producción en las parcelas biosolarizadas junto a las solarizadas con respecto a las parcelas biofumigadas y parcelas testigo. A inicios de cultivo comenzaron a producir prácticamente lo mismo, finalizando la solarización como la técnica más productiva. Según muestra la tabla 21, las diferencias son estadísticamente significativas en los días de estudio correspondientes a 96 DDT, 110 DDT, 117 DDT, 131 DDT, 138 DDT, 146 DDT, 153 DDT, 159 DDT y 166 DDT, donde la solarización es la técnica de desinfección que produce frutos con mayor Kg por superficie. En los ensayos correspondientes a 96 DDT, 110 DDT, 117 DDT, 131 DDT, 138 DDT, las diferencias son significativas en comparación con las parcelas biofumigadas. En el resto de ensayos las diferencias son estadísticamente significativas con las parcelas biofumigadas y con las parcelas testigo.

Al respecto, tratándose de cultivo de pimiento, diversos autores (Guerrero *et al.*, 2003; Martínez *et al.*, 2009) relacionan aportes de materia orgánica de distinta naturaleza con un mayor desarrollo de las plantas y mayor producción si la biodesinfección se realiza con solarización, y Lacasaet *al.* 1999, observaron producciones análogas a las obtenidas tras la desinfección de suelos con otros fumigantes. Otros estudios demuestran un mejor desarrollo de las plantas biosolarizadas y un adelanto en su floración y producción (Vilasecaet *al.* 2006). Del mismo modo según Guerrero *et al.* 2006, para obtener aceptables niveles de desinfección de los suelos por medios no químicos en los invernaderos de la Región de Murcia, parece necesario complementar la biofumigación con la solarización. En este sentido los resultados de los ensayos de Guerrero *et al.*, 2003 han demostrado que el desarrollo de las plantas de los tratamientos de biofumigación con solarización fueron similares o incluso superiores a los del bromuro de metilo, sin influir la reiteración.

Estudios recientes del crecimiento de las plantas y la respuesta en rendimiento del cultivo de tomate mediante solarización (Mauromicaleet *al.*, 2010) sugieren que la mejora en la producción del fruto podría ser una consecuencia de:

-La influencia beneficiosa sobre la fertilidad del suelo, ayudando a mantener el nivel de nutrientes del suelo.

-Un mejor control de patógenos en particular, y un efecto beneficioso de la actividad, la ecología y la dinámica de toda la biota del suelo engeneral (Gamliet *al.*, 2000; Gelsomino y Cacco, 2006).

-La creación de un equilibrio más favorable para el planta (Mauromicaleet *al.*, 2010), así como el aumento de los niveles de fotosíntesis.

Tabla 21. Efecto sobre la producción total por unidad de superficie (kg m^{-2}) de tomate cv. Amilda, en función de las técnicas de desinfección empleadas. Diferentes letras denotan diferencia estadística al 95% de confianza para el Test de diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD).

Tratamiento	DDT						
	82	89	96	103	110	117	124
Testigo	1,06±0,27	1,81±0,38	2,29±0,39ba	2,91±0,42	3,59±0,38ba	4,31±0,34ba	5,09±0,31
Solarización	1,09±0,10	1,88±0,16	2,46±0,20a	3,07±,26	3,93±0,34a	4,71±0,31a	5,50±0,31
Biofumigación	0,85±0,24	1,59±0,33	2,03±0,37b	2,68±0,44	3,35±0,55b	4,11±0,60b	4,97±0,60
Biosolarización	0,99±0,34	1,78±0,42	2,30±0,47ba	2,97±0,59	3,72±0,72a	4,46±0,70ba	5,26±0,70
p-valor	0,1529	0,1001	0,0171*	0,0573	0,0136*	0,0206*	0,0527
	131	138	146	153	159	166	
Testigo	5,71±0,29ba	6,40±0,23ba	7,07±0,27cb	7,77±0,28cb	8,28±0,27cb	8,84±0,27b	
Solarización	6,24±0,25a	7,04±0,24a	7,87±0,27a	8,68±0,30a	9,34±0,37a	10,00±0,38a	
Biofumigación	5,64±0,60b	6,38±0,61b	7,12±0,60c	7,90±0,61c	8,48±0,62c	9,11±0,62b	
Biosolarización	5,96±0,68ba	6,76±0,60ba	7,49±0,59ba	8,27±0,57ba	8,88±0,53ba	9,57±0,54a	
p-valor	0,0179*	0,0043*	0,0015*	0,0010*	0,0005*	0,0003*	

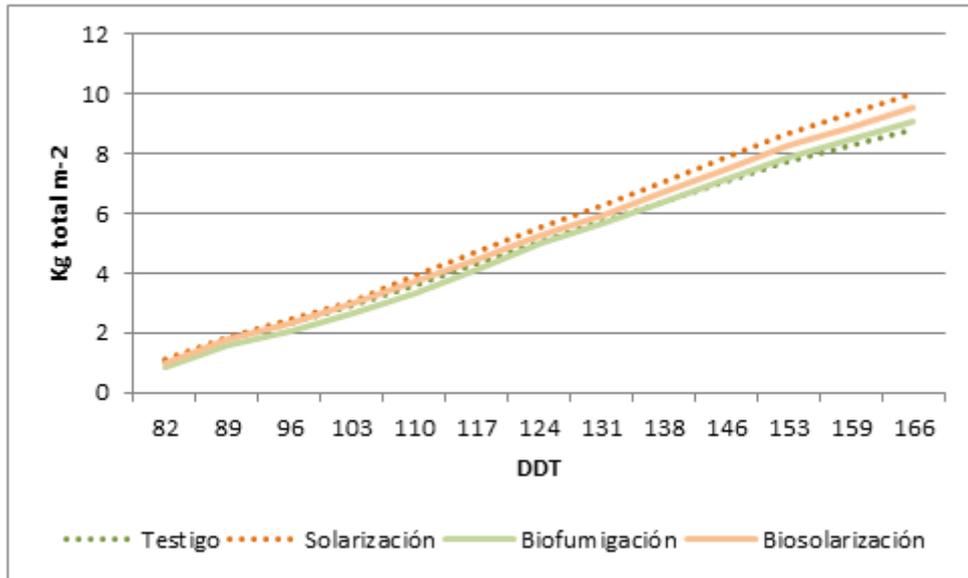


Figura 79. Evolución de la producción total por unidad de superficie ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de las técnicas de desinfección empleadas.

4.2. Producción comercial por unidad de superficie.

4.2.1. Producción comercial en función de los tratamientos realizados.

La tabla 22, muestra los resultados obtenidos en el estudio de la producción comercial a lo largo del cultivo de tomate cv. Amilda en función de las diferentes materias orgánicas adicionadas sin y con solarización (biofumigación y biosolarización respectivamente).

Considerando los diferentes tratamientos en biofumigación, la producción comenzó siendo mayor en el testigo, seguido por el tratamiento con 0,3 Kg de Biofence® (T₁), el cual a partir de 117 DDT fue el más productivo, sin embargo, el testigo finalizó el cultivo como el menos productivo. Según muestra la tabla 22, no presenta diferencias significativas ($p < 0,05$) en ninguno de los análisis realizados a lo largo del ciclo de cultivo, ni tampoco al finalizar el mismo.

Considerando los diferentes tratamientos en biosolarización, al igual que en biofumigación, el testigo comenzó siendo el más productivo hasta 124 DDT, donde el tratamiento T_{1p} comenzó a obtener una producción comercial mayor que el resto de tratamientos hasta fin de cultivo. El tratamiento con 0,15 Kg de Brassicas + Gallinaza (T_{3p}) finalizó como el tratamiento menos productivo. Según muestra la tabla 22, no presenta diferencias significativas ($p < 0,05$) en ninguno de los análisis realizados a lo largo del ciclo de cultivo, ni tampoco al finalizar el mismo.

En este sentido, Martínez (2006) que evalúa los efectos de distintas dosis de residuos agrícolas adicionados con y sin solarización sobre la producción y distintos parámetros de rendimiento de tomate larga vida cv. Daniela en cultivo ecológico, concluye que no se aprecian diferencias significativas en frutos comerciales.

Tabla 22. Efecto sobre la producción comercial total acumulada ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) de tomate cv. Amilda en función de diferentes tratamientos de biodesinfección sin (T₀, T₁, T₂, T₃, T₄) y con solarización (T_{0p}, T_{1p}, T_{2p}, T_{3p}, T_{4p}).

DDT							
Biofumigación	82	89	96	103	110	117	124
T ₀ =Testigo	0,99±0,32	1,70±0,46	2,14±0,47	2,71±0,50	3,30±0,48	3,96±0,48	4,66±0,45
T ₁ =Biofence 0,3 Kg/ m ²	0,83±0,20	1,54±0,28	1,95±0,35	2,62±0,44	3,22±0,54	4,01±0,60	4,76±0,60
T ₂ =Brassicac 0,8 Kg/ m ²	0,73±0,18	1,39±0,21	1,75±0,24	2,38±0,43	2,98±0,60	3,74±0,71	4,53±0,71
T ₃ =T ₂ + Gallinaza 0,15 Kg/ m ²	0,70±0,31	1,42±0,51	1,830,57	2,39±0,68	3,02±0,71	3,68±0,65	4,46±0,65
T ₄ =T ₁ + Biolimp	0,88±0,24	1,56±0,38	1,97±0,39	2,51±0,49	3,12±0,58	3,78±0,63	4,55±0,63
p-valor	0,4279	0,6388	0,4797	0,6788	0,7820	0,7768	0,7197
	131	138	146	153	159	166	
T ₀ =Testigo	5,25±0,43	5,92±0,42	6,57±0,48	7,23±0,50	7,71±0,48	8,23±0,55	
T ₁ =Biofence 0,3 Kg/ m ²	5,52±0,62	6,27±0,64	7,03±0,67	7,76±0,68	8,41±0,73	9,04±0,72	
T ₂ =Brassicac 0,8 Kg/ m ²	5,20±0,79	5,99±0,73	6,66±0,64	7,45±0,61	7,97±0,56	8,63±0,56	
T ₃ =T ₂ + Gallinaza 0,15 Kg/ m ²	5,11±0,58	5,81±0,62	6,50±0,65	7,26±0,64	7,78±0,65	8,39±0,50	
T ₄ =T ₁ + Biolimp	5,16±0,60	5,82±0,61	6,53±0,58	7,23±0,58	7,79±0,52	8,35±0,48	
p-valor	0,7241	0,6183	0,4547	0,4086	0,2124	0,1211	
DDT							
Biosolarización	82	89	96	103	110	117	124
T _{0p} =Testigo	1,04±0,14	1,79±0,24	2,32±0,29	2,88±0,30	3,64±0,43	4,36±0,43	5,09±0,43
T _{1p} =Biofence 0,3 Kg/ m ²	0,97±0,41	1,68±0,51	2,20±0,49	2,90±0,53	3,64±0,59	4,37±0,73	5,13±0,72
T _{2p} =Brassicac 0,8 Kg/ m ²	0,88±0,35	1,65±0,48	2,11±0,49	2,83±0,70	3,53±0,83	4,23±0,84	5,00±0,75
T _{3p} =T ₂ + Gallinaza 0,15 Kg/ m ²	0,77±0,29	1,50±0,35	1,97±0,51	2,55±0,71	3,27±0,93	4,02±0,89	4,80±0,91
T _{4p} =T ₁ + Biolimp	1,01±0,25	1,74±0,40	2,24±0,50	2,76±0,71	3,39±0,87	4,02±0,91	4,71±0,83
p-valor	0,2924	0,3298	0,1694	0,4881	0,5177	0,3850	0,2599
	131	138	146	153	159	166	
T _{0p} =Testigo	5,79±0,36	6,57±0,39	7,38±0,43	8,13±0,43	8,76±0,46	9,40±0,55	
T _{1p} =Biofence 0,3 Kg/ m ²	5,84±0,80	6,62±0,76	7,37±0,83	8,12±0,83	8,72±0,83	9,41±0,86	
T _{2p} =Brassicac 0,8 Kg/ m ²	5,64±0,74	6,40±0,60	7,07±0,56	7,76±0,45	8,26±0,40	8,94±0,35	
T _{3p} =T ₂ + Gallinaza 0,15 Kg/ m ²	5,48±0,85	6,24±0,74	6,91±0,73	7,69±0,64	8,30±0,48	8,93±0,42	
T _{4p} =T ₁ + Biolimp	5,41±0,73	6,23±0,58	6,98±0,49	7,74±0,48	8,36±0,39	9,09±0,41	
p-valor	0,2018	0,2676	0,1411	0,1191	0,1526	0,2941	

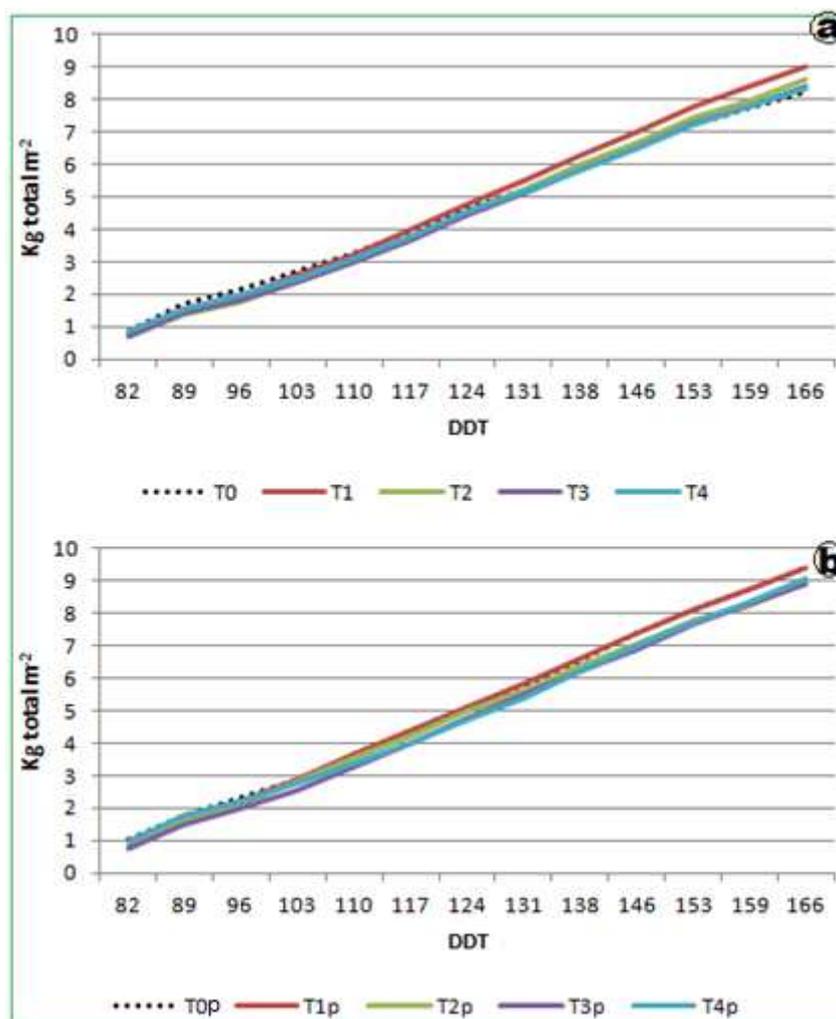


Figura 80. Evolución de la producción comercial total acumulada (kg m^{-2}) de tomate cv. Amilda en función de las diferentes materias orgánicas empleadas en los tratamientos de biodesinfección, biofumigación (a) y biosolarización (b). (a) (T₀:Testigo, T₁:Biofence 0,3Kg m⁻², T₂:Brassicas 0,8 Kg m⁻², T₃: T₂+Gallinaza 0,15 Kg m⁻², T₄: T₁+Biolimp) y con solarización (b) (T_{0p}:Testigo, T_{1p}:Biofence 0,3Kg m⁻², T_{2p}:Brassicas 0,8 Kg m⁻², T_{3p}: T₂+Gallinaza 0,15 Kg m⁻², T_{4p}: T₁+Biolimp).

4.2.2. Producción comercial en función de las técnicas de desinfección empleadas.

La tabla 23, muestra los resultados obtenidos en el estudio de la producción comercial a lo largo del cultivo de tomate cv. Amilda en función de las técnicas de desinfección empleadas.

Considerando las diferentes técnicas de desinfección, la figura 81 muestra una mayor producción en los frutos crecidos en parcelas biosolarizadas y la solarizadas con respecto a las parcelas biofumigadas y parcelas testigo. A inicios de cultivo comenzaron a producir prácticamente lo mismo, finalizando la solarización como la técnica de desinfección más productiva. Según muestra la tabla 23, las diferencias son estadísticamente significativas en los días de estudio correspondientes a 96 DDT, 110 DDT, 131 DDT, 138 DDT, 146 DDT, 153 DDT, 159 DDT y 166 DDT, donde la solarización es la técnica de desinfección que produce frutos con mayor Kg por superficie. Los frutos cosechados 96 DDT, 110 DDT y 138 DDT presenta diferencias significativas únicamente con los frutos cosechados en las parcelas biofumigadas. En el ensayo realizado 131 DDT a pesar de mostrar diferencias significativas el método de análisis múltiple de rangos que se empleó (Tukey) no marco diferencias entre los

tratamientos. A partir del ensayo realizado 146 DDT hasta el último (166 DDT) las diferencias son estadísticamente significativas con los frutos cosechados de las parcelas testigo y parcelas biofumigadas.

Del mismo modo, Mitidieriet *al.*, 2009, obtuvieron diferencias significativas en la producción de los frutos comerciales al final de la cosecha cuando se ensayaba el efecto de distintas secuencias de tratamientos de biofumigación sobre parámetros físicoquímicos y biológicos del suelo, el rendimiento y la salinidad de cultivos de tomate. En cambio, Martínez 2006, no obtuvo diferencias significativas en la producción comercial cuando ensayaba los efectos de la biofumigación con distintas dosis de residuos agrícolas sobre la producción de tomate larga vida Daniela en cultivo ecológico. Al respecto, tratándose de cultivo de pimiento, diversos autores (Guerrero *et al.* 2003, Martínez *et al.* 2009) relacionan aportes de materia orgánica de distinta naturaleza con un mayor desarrollo de las plantas y mayor producción si la biodesinfección se realiza con solarización, y Lacasa *et al.* (1999) observaron producciones análogas a las obtenidas tras la desinfección de suelos con otros fumigantes.

Tabla 23. Efecto sobre la producción comercial total acumulada (kg m^{-2}) de tomate cv. Amilda, en función de las técnicas de desinfección empleadas. Diferentes letras denotan diferencia estadística al 95% de confianza para el Test de diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD).

Tratamiento	DDT						
	82	89	96	103	110	117	124
Testigo	0,99±0,32	1,70±0,46	2,14±0,47ba	2,71±0,50	3,30±0,48ba	3,96±0,48	4,66±0,44
Solarización	1,04±0,14	1,79±0,24	2,32±0,29a	2,88±0,30	3,64±0,43ba	4,36±0,43	5,09±0,43
Biofumigación	0,79±0,23	1,47±0,33	1,87±0,38b	2,47±0,47	3,08±0,55b	3,86±0,60	4,60±0,60
Biosolarización	0,91±0,31	1,64±0,40	2,13±0,46a	2,76±0,61	3,46±0,74a	4,16±0,77	4,91±0,74
p-valor	0,0859	0,0675	0,0067*	0,0533	0,0178*	0,0685	0,0548
Tratamiento	DDT						
	131	138	146	153	159	166	
Testigo	5,25±0,43a	5,92±0,42ba	6,57±0,48cb	7,23±0,50b	7,71±0,48b	8,23±0,55b	
Solarización	5,79±0,36a	6,57±0,39a	7,38±0,43a	8,13±0,43a	8,76±0,47a	9,40±0,55a	
Biofumigación	5,25±0,60a	5,97±0,61b	6,67±0,61c	7,42±0,60b	7,99±0,61b	8,60±0,59b	
Biosolarización	5,59±0,72a	6,38±0,63a	7,08±0,62ba	7,83±0,58a	8,41±0,53a	9,09±0,53a	
p-valor	0,0228*	0,0053*	0,0019*	0,0009*	0,0006*	0,0003*	

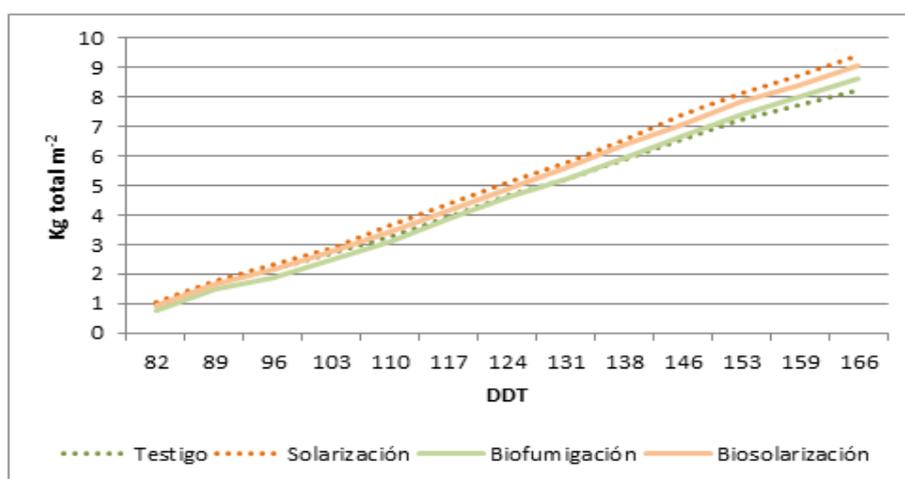


Figura 81. Evolución de la producción comercial total acumulada (kg m^{-2}) del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de las técnicas de desinfección empleadas.

4.3. Número de frutos comerciales acumulados por unidad de superficie.

4.3.1. Número de frutos comerciales acumulados en función de los tratamientos realizados.

La tabla 24, muestra los resultados obtenidos del número de frutos acumulados a lo largo del cultivo de tomate cv. Amilda en función de las diferentes materias orgánicas adicionadas sin y con solarización (biofumigación y biosolarización respectivamente).

Considerando los diferentes tratamientos en biofumigación, comenzó siendo superior para los frutos obtenidos por el testigo hasta 124 DDT. A lo largo del ciclo de cultivo los frutos obtenidos por el tratamiento con 0,3 Kg de Biofence® (T₁) y el tratamiento con Biofence® + Biolimp (T₄), comenzaron a obtener un mayor número de frutos con respecto al resto de tratamientos hasta final de cultivo. Cabe destacar que el tratamiento con 0,8 kg Brassicas (T₂) fue el encargado en producir menor cantidad de frutos al final del cultivo. Según muestra la tabla 24, no presenta diferencias significativas ($p < 0,05$) en ninguno de los análisis realizados a lo largo del ciclo de cultivo, ni tampoco al finalizar el mismo.

Considerando los diferentes tratamientos en biosolarización, comenzó con el testigo y el tratamiento T_{4p} como los que mayor número de frutos producían. A partir de 103 DDT, el tratamiento T_{1p} empezó a obtener mayor número de frutos hasta final de cultivo, siendo T_{3p} el que menos número de frutos obtuvo. Según muestra la tabla 24, no presenta diferencias significativas ($p < 0,05$) en ninguno de los análisis realizados a lo largo del ciclo de cultivo, ni tampoco al finalizar el mismo.

Martínez (2006) que evalúa los efectos de distintas dosis de residuos agrícolas adicionados con y sin solarización sobre la producción y distintos parámetros de rendimiento de tomate larga vida cv. Daniela en cultivo ecológico, concluye que no se aprecian diferencias significativas en el número de frutos comerciales. En este sentido, Fernández, 2003, tampoco obtuvo diferencias significativas en el número de frutos comerciales obtenidos cuando ensayaba los efectos del compost como abonado de fondo y alternativa al estiércol en suelo arenado y cultivo de tomate c.v. Pinteza bajo invernadero.

Tabla 24. Efecto sobre el número de frutos comerciales por unidad de superficie (n° frutos/ m^2) de tomate cv. Amilda en función de diferentes tratamientos de biodesinfección sin (T_0, T_1, T_2, T_3, T_4) y con solarización ($T_{0p}, T_{1p}, T_{2p}, T_{3p}, T_{4p}$).

DDT							
Biofumigación	82	89	96	103	110	117	124
T_0 =Testigo	12,63±3,12	20,93±4,40	27,33±4,48	34,90±4,00	42,88±3,85	51,73±3,95	60,63±3,80
T_1 =Biofence 0,3 Kg/ m^2	9,85±2,63	17,65±3,52	23,30±4,14	32,53±5,87	41,15±6,36	50,80±7,69	61,10±7,81
T_2 =Brassicac 0,8 Kg/ m^2	8,88±2,01	16,33±2,62	21,20±2,53	28,65±4,56	36,08±6,32	44,75±6,60	54,03±4,99
T_3 = T_2 + Gallinaza 0,15 Kg/ m^2	8,63±3,95	17,28±5,60	22,85±5,99	36,63±8,07	38,88±9,45	74,93±9,62	57,13±9,33
T_4 = T_1 + Biolimp	11,35±3,05	19,33±4,85	25,30±5,02	32,95±7,33	41,65±8,57	49,88±9,01	60,18±8,95
<i>p</i> -valor	0,2185	0,3987	0,1605	0,4353	0,4021	0,4366	0,3315
DDT							
Biosolarización	82	89	96	103	110	117	124
T_{0p} =Testigo	67,55±4,06	76,88±3,48	85,43±5,66	93,78±5,26	99,80±5,04	106,95±6,23	111,35±7,20
T_{1p} =Biofence 0,3 Kg/ m^2	68,65±8,22	77,83±8,93	87,93±9,18	97,5±10,14	105,55±10,71	113,55±10,92	113,55±10,92
T_{2p} =Brassicac 0,8 Kg/ m^2	62,05±9,90	72,15±11,09	80,18±10,66	89,08±11,01	98,79±11,21	103,40±10,86	103,40±10,86
T_{3p} = T_2 + Gallinaza 0,15 Kg/ m^2	65,35±8,47	74,98±8,93	83,78±10,67	93,35±10,73	99,93±11,43	107,78±9,67	107,78±9,67
T_{4p} = T_1 + Biolimp	68,33±8,50	77,43±8,72	87,60±8,09	96,65±8,34	103,90±8,00	111,35±7,20	111,35±7,20
<i>p</i> -valor	0,4487	0,6417	0,3691	0,4230	0,2591	0,1577	0,1577
DDT							
Biosolarización	82	89	96	103	110	117	124
T_{0p} =Testigo	12,63±3,53	21,45±4,28	27,83±4,57	34,85±4,74	45,35±6,30	53,93±5,27	62,80±5,24
T_{1p} =Biofence 0,3 Kg/ m^2	11,18±4,40	19,30±5,28	26,05±5,13	36,10±4,70	46,68±4,40	56,15±6,37	65,40±6,24
T_{2p} =Brassicac 0,8 Kg/ m^2	11,10±3,96	20,33±5,86	26,63±5,85	35,55±8,17	44,53±10,41	53,98±10,95	63,25±10,29
T_{3p} = T_2 + Gallinaza 0,15 Kg/ m^2	8,75±3,14	17,43±3,58	23,03±5,55	31,45±8,26	41,05±11,75	49,80±11,15	59,80±10,93
T_{4p} = T_1 + Biolimp	12,33±3,56	21,30±5,64	28,93±7,51	35,95±10,40	44,98±12,90	53,80±13,83	62,18±13,49
<i>p</i> -valor	0,2036	0,1213	0,0579	0,5146	0,6763	0,5929	0,5839
DDT							
Biosolarización	82	89	96	103	110	117	124
T_{0p} =Testigo	70,88±4,01	80,70±4,12	90,75±4,32	100,28±6,30	107,55±6,12	115,33±6,42	115,33±6,42
T_{1p} =Biofence 0,3 Kg/ m^2	74,00±6,88	84,08±5,75	94,00±5,86	103,20±5,44	110,90±4,72	119,63±5,48	119,63±5,48
T_{2p} =Brassicac 0,8 Kg/ m^2	71,65±10,91	81,75±10,46	90,63±10,22	99,80±9,47	106,53±8,91	115,10±7,82	115,10±7,82
T_{3p} = T_2 + Gallinaza 0,15 Kg/ m^2	67,83±9,54	77,83±8,49	86,83±9,46	96,90±7,54	104,78±5,73	112,68±5,08	112,68±5,08
T_{4p} = T_1 + Biolimp	71,28±12,12	80,95±10,37	91,10±9,80	100,63±9,77	108,53±6,94	117,93±6,46	117,93±6,46
<i>p</i> -valor	0,5675	0,5553	0,4013	0,5675	0,4075	0,2131	0,2131

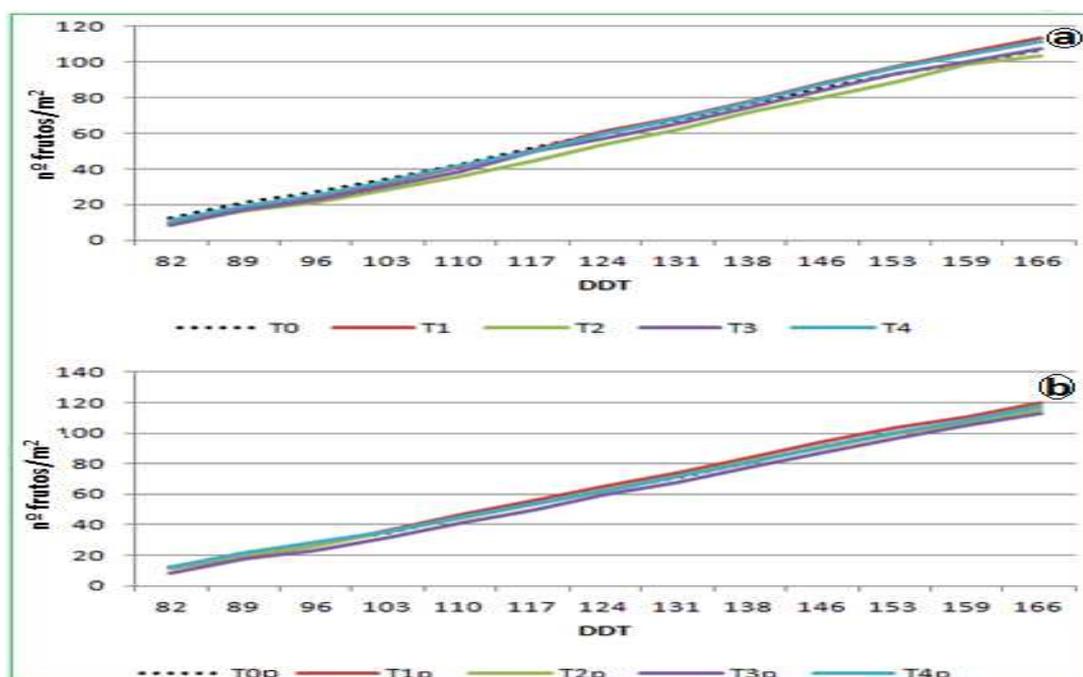


Figura 82. Evolución del número de frutos comerciales por unidad de superficie (n° frutos/ m^2) del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de las diferentes materias orgánicas empleadas en los tratamientos de biodesinfección, biofumigación (a), biosolarización (b). (a) (T_0 :Testigo, T_1 :Biofence 0,3Kg m^2 , T_2 :Brassicac 0,8 Kg m^2 , T_3 : T_2 +Gallinaza 0,15 Kg m^2 , T_4 : T_1 +Biolimp) y con solarización (b) (T_{0p} :Testigo, T_{1p} :Biofence 0,3Kg m^2 , T_{2p} :Brassicac 0,8 Kg m^2 , T_{3p} : T_2 +Gallinaza 0,15 Kg m^2 , T_{4p} : T_1 +Biolimp).

4.3.2. Número de frutos comerciales acumulados en función de las técnicas de desinfección empleadas.

La tabla 25, muestra los resultados obtenidos en el estudio del número de frutos a lo largo del cultivo de tomate cv. Amilda en función de las técnicas de desinfección empleadas.

Considerando las diferentes técnicas de desinfección, la figura 84 muestra que las parcelas biosolarizadas junto a las solarizadas obtuvieron mayor cantidad de frutos en comparación a las parcelas biofumigadas y parcelas testigo. El cultivo comenzó produciendo mayor número de frutos en las parcelas testigo y las solarizadas. Según muestra la tabla 25, las diferencias son estadísticamente significativas en los ensayos correspondientes a 96 DDT, 138 DDT, 146 DDT, 153 DDT, 159 DDT y 166 DDT. Los frutos cosechados 138 DDT, 159 DDT y 166 DDT en las parcelas biosolarizadas obtuvieron un mayor número de frutos, siendo las diferencias estadísticamente significativas en comparación con los frutos cosechados en las parcelas biofumigadas en los ensayos 138 DDT y 159 DDT siendo en el ensayo 166 DDT en comparación a los frutos obtenidos por las parcelas testigo y las parcelas biofumigadas.

Tabla 25. Efecto sobre el número de frutos comerciales por unidad de superficie (n° frutos/ m^2) de tomate cv. Amilda, en función de las técnicas de desinfección empleadas.

Tratamiento	DDT						
	82	89	96	103	110	117	124
Testigo	12,63±3,12	20,93±4,40	27,33±4,48ba	34,85±4,00	42,88±3,85	51,73±3,95	60,63±3,80
Solarización	12,63±3,53	21,45±4,28	27,83±4,57ba	34,85±4,74	45,35±6,30	53,93±5,27	62,80±5,24
Biofumigación	9,68±2,90	17,64±4,01	23,16±4,37b	31,19±6,16	39,44±7,34	48,34±7,81	58,11±8,16
Biosolarización	10,84±3,68	19,59±4,85	26,36±5,75a	34,76±7,55	44,31±9,53	53,43±10,04	62,48±9,74
<i>p</i> -valor	0,0765	0,0477	0,0081*	0,1027	0,0528	0,0654	0,1342
Tratamiento	DDT						
	131	138	146	153	159	166	
Testigo	67,55±4,06	76,88±3,48ba	85,43±5,66ba	93,78±5,26ba	99,8±5,04ba	106,95±9,60b	
Solarización	70,86±4,10	80,70±4,12ba	90,75±4,32ba	100,28±9,30ba	107,55±6,12ba	115,33±6,26ba	
Biofumigación	66,09±8,33	75,59±8,79b	84,87±9,28b	94,06±9,64b	101,25±10,14b	109,02±6,42b	
Biosolarización	71,19±9,27	81,15±8,35a	90,64±8,47a	100,13±7,73a	107,71±6,49 ^a	116,33±6,23a	
<i>p</i> -valor	0,0609	0,0341*	0,0260*	0,0173*	0,0084*	0,0054*	

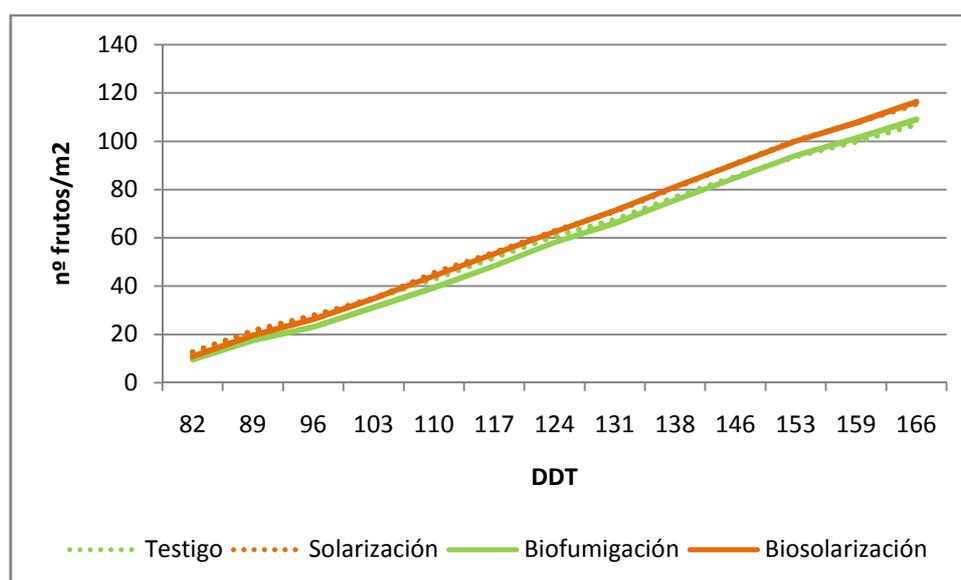


Figura 83. Evolución del número de frutos comerciales por unidad de superficie (n° frutos/ m^2) del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de las técnicas de desinfección empleadas

4.4. Peso fruto comercial.

4.4.1. Peso fruto comercial en función de los tratamientos realizados.

La tabla 26, muestra los resultados obtenidos en el estudio del peso del fruto comercial a lo largo del cultivo de tomate cv. Amilda en función de las diferentes materias orgánicas adicionadas sin y con solarización (biofumigación y biosolarización respectivamente).

Considerando los diferentes tratamientos en biofumigación, el tratamiento con 0,8 kg de Brassicas (T_2) es el que obtuvo mayor peso durante prácticamente todo el ensayo finalizando el ciclo de cultivo como el que mayor peso en sus frutos obtuvieron, siendo el tratamiento con Biofence® + Biolimp(T_4) y el testigo los que menos. Las diferencias son significativas ($p < 0,05$) en el ensayo realizado 117 DDT, siendo mayor en los frutos obtenidos del tratamiento con 0,8 kg de Brassicas (T_2) donde las diferencias son significativas con respecto al testigo y al tratamiento con 0,15 Kg de Brassicas + Gallinaza (T_3), pero no con los frutos obtenidos de los tratamientos con 0,3 Kg de Biofence® (T_1) y Biofence® + Biolimp(T_4). Al considerar los valores promedio de los distintos análisis realizados (tabla 26) los frutos obtenidos por el tratamiento T_2 fueron los que mayor promedio obtuvieron presentando diferencias estadísticamente significativas en comparación con el tratamiento T_{3p} y el testigo.

Considerando los diferentes tratamientos en biosolarización, no existe durante el ciclo de cultivo un tratamiento que destaque sobre el resto, siendo el testigo al final de cultivo el encargado en producir frutos con mayor peso que el resto. Según muestra la tabla 26, no presenta diferencias significativas ($p < 0,05$) en ninguno de los análisis realizados a lo largo del ciclo de cultivo, ni tampoco al finalizar el mismo. Al considerar los valores promedio de los distintos análisis realizados, los frutos obtenidos por el testigo fueron los que mayor promedio obtuvieron presentando diferencias estadísticamente significativas en comparación con el tratamiento T_{2p} y el tratamiento T_{4p} .

Mitidieriet *al.*, 2009, obtuvieron diferencias significativas en el peso medio del fruto en estudios sobre el efecto de distintas secuencias de tratamientos de biofumigación sobre parámetros físico-químicos y biológicos del suelo, el rendimiento y la salinidad de cultivos de tomate. Sin embargo, Fernández, 2003, no apreció diferencias significativas en el peso medio del fruto en los diferentes tratamientos de compost empleado como abonado de fondo.

Tabla 26. Peso fruto comercial (g) de tomate cv. Amilda en función de diferentes tratamientos de biodesinfección sin (T_0, T_1, T_2, T_3, T_4) y con solarización ($T_{0p}, T_{1p}, T_{2p}, T_{3p}, T_{4p}$).

DDT							
Biofumigación	82	89	96	103	110	117	124
T_0 =Testigo	77,5±9,6	85,0±5,8	70,0±8,2	75,0±5,8	75,0±5,8	75,0±5,8b	80,0±8,2
T_1 =Biofence 0,3 Kg/ m ²	85,0±5,0	90,0±0,0	72,5±5,0	72,5±5,0	70,0±8,2	82,5±5,00ba	82,5±5,0
T_2 =Brassicac 0,8 Kg/ m ²	82,5±9,6	87,5±5,0	75,0±12,9	85,0±5,8	80,0±0,0	87,5±5,00a	87,5±9,6
T_3 = T_2 + Gallinaza 0,15 Kg/ m ²	82,5±9,6	82,5±5,0	72,5±5,0	75,0±10,0	77,5±9,6	72,5±5,0b	85,0±5,8
T_4 = T_1 + Biolimp	77,5±9,	85,0±5,8	70,0±0,0	72,5±9,6	70,0±0,0	80,05±0,0ba	75,0±5,8
p-valor	0,6698	0,0895	0,8572	0,1228	0,1328	0,0093*	0,1785
	131	138	146	153	159	166	Promedio
T_0 =Testigo	85,0±5,8	72,5±5,0	77,5±12,6	80,0±8,2	80,0±14,1	75,0±12,9	77,50±8,8cb
T_1 =Biofence 0,3 Kg/ m ²	87,5±5,0	82,5±9,6	75,0±5,8	80,0±11,5	77,5±5,0	80,0±8,2	79,81±8,3ba
T_2 =Brassicac 0,8 Kg/ m ²	85,0±12,9	80,0±14,1	85,0±12,9	87,5±5,0	80,0±14,1	85,0±5,8	83,65±9,1a
T_3 = T_2 + Gallinaza 0,15 Kg/ m ²	80,0±0,0	72,5±5,0	80,0±8,2	80,0±8,2	80,0±8,2	77,5±12,6	78,27±7,9cb
T_4 = T_1 + Biolimp	75,0±5,8	72,5±5,00	70,0±0,0	77,5±5,0	77,5±12,6	75,0±10,0	75,19±7,3c
p-valor	0,1177	0,3159	0,3036	0,3876	0,9862	0,4449	0,0000*

DDT							
Biosolarización	82	89	96	103	110	117	124
T_{0p} =Testigo	85,0±12,9	85,0±5,8	82,5±5,0	82,5±9,6	72,5±5,0	85,0±12,9	82,5±9,6
T_{1p} =Biofence 0,3 Kg/ m ²	85,0±5,8	87,5±5,0	77,5±5,0	70,0±8,2	70,0±8,2	77,5±5,0	82,0±5,0
T_{2p} =Brassicac 0,8 Kg/ m ²	77,5±5,0	85,0±5,8	72,5±5,0	80,0±8,2	80,0±8,5	75,0±5,8	82,5±9,6
T_{3p} = T_2 + Gallinaza 0,15 Kg/ m ²	87,5±5,0	85,0±5,8	72,5±5,0	77,5±5,0	77,5±9,6	85,0±5,8	85,0±10,0
T_{4p} = T_1 + Biolimp	82,5±5,0	82,5±5,0	67,5±12,6	75,0±5,8	70,0±0,0	72,5±9,6	82,5±5,0
p-valor	0,4960	0,7854	0,0895	0,2241	0,2446	0,1725	0,9835
	131	138	146	153	159	166	Promedio
T_{0p} =Testigo	87,5±5,0	80,0±8,2	80,0±8,2	82,5±15,0	85,0±12,9	83,0±12,6	82,50±9,5a
T_{1p} =Biofence 0,3 Kg/ m ²	82,5±9,6	77,5±5,0	75,0±5,8	82,5±5,0	77,5±5,0	80,0±8,2	78,85±7,6ba
T_{2p} =Brassicac 0,8 Kg/ m ²	77,5±9,6	75,0±10,0	75,0±5,8	75,0±5,8	75,0±5,8	80,0±8,2	77,69±7,3b
T_{3p} = T_2 + Gallinaza 0,15 Kg/ m ²	77,5±5,0	77,5±5,0	75,0±10,0	77,5±5,0	77,5±5,0	80,0±0,0	79,62±7,1ba
T_{4p} = T_1 + Biolimp	77,5±5,0	85,0±5,8	72,5±12,6	80,0±8,2	77,5±12,9	78,0±15,0	77,12±8,9b
p-valor	0,3134	0,4713	0,7988	0,7262	0,4960	0,9556	0,0077

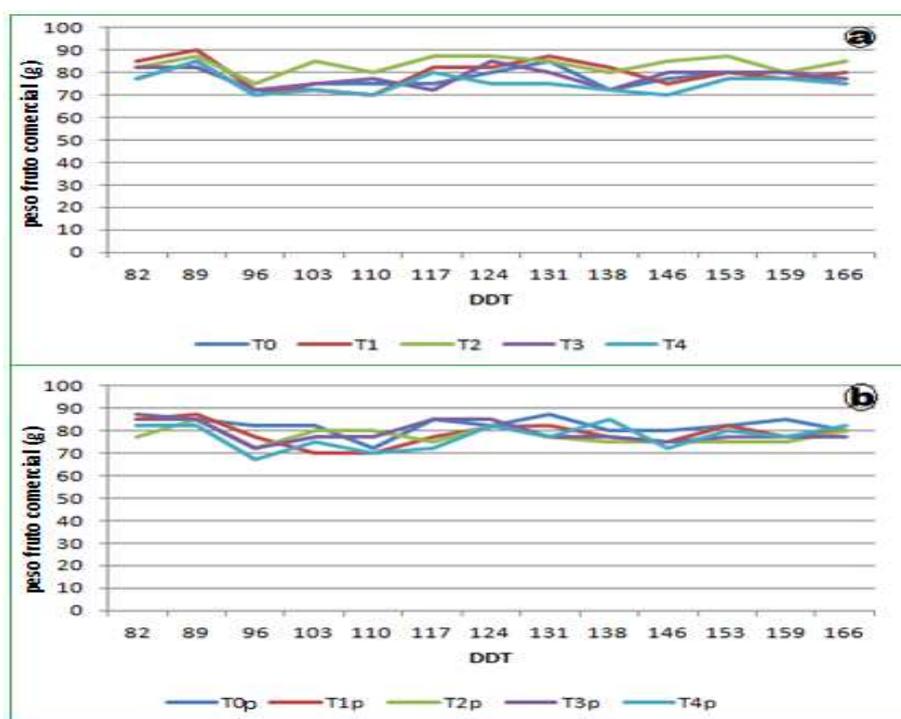


Figura 84. Evolución del peso del fruto comercial (g) del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de las diferentes materias orgánicas empleadas en los tratamientos de biodesinfección, biofumigación (a) y biosolarización (b). (a) (T_0 : Testigo, T_1 : Biofence 0,3Kg m⁻², T_2 : Brassicac 0,8 Kg m⁻², T_3 : T_2 +Gallinaza 0,15 Kg m⁻², T_4 : T_1 +Biolimp) y con solarización (b) (T_{0p} : Testigo, T_{1p} : Biofence 0,3Kg m⁻², T_{2p} : Brassicac 0,8 Kg m⁻², T_{3p} : T_2 +Gallinaza 0,15 Kg m⁻², T_{4p} : T_1 +Biolimp).

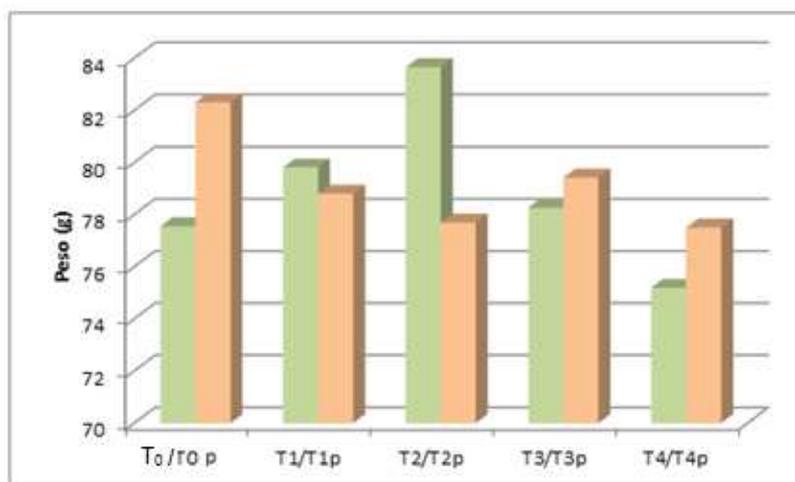


Figura 85. Peso promedio del fruto comercial (g) de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección con y sin solarización; Biofumigación (verde) y Biosolarización (naranja).

4.4.2. Peso fruto comercial en función de las técnicas de desinfección empleadas.

La tabla 27, muestra los resultados obtenidos en el estudio del peso comercial a lo largo del cultivo de tomate cv. Amilda en función de las técnicas de desinfección empleadas.

Considerando las diferentes técnicas de desinfección, la figura 86 muestra que los frutos obtenidos por las parcelas solarizadas obtuvieron mayor peso durante prácticamente todos los días de estudio, siendo los valores de peso obtenidos para el resto de técnicas de desinfección muy parecidos. El ciclo de cultivo finalizó con los frutos obtenidos en las parcelas solarizadas como los que obtuvieron mayor peso. Según la tabla 27, no existe diferencias estadísticamente significativas en ningún día de ensayo realizado. Al considerar los valores promedio, los frutos obtenidos por las parcelas solarizadas obtuvieron un mayor promedio en comparación al resto de las técnicas de desinfección, mostrando diferencias significativas con las parcelas testigo y las parcelas biosolarizadas.

Del mismo modo, Martínez (2006) que evalúa los efectos de distintas dosis de residuos agrícolas adicionados con y sin solarización sobre la producción y distintos parámetros de rendimiento de tomate larga vida cv. Daniela en cultivo ecológico, concluye que no se aprecian diferencias significativas en el peso medio del fruto.

Tabla 27. Efecto sobre el Peso fruto comercial acumulado (g) de tomate cv. Amilda, en función de las técnicas de desinfección empleadas.

Tratamiento	DDT						
	82	89	96	103	110	117	124
Testigo	77,5±9,57	85,00±5,77	70,00±8,16	75,00±5,77	75,00±5,77	75,00±5,77	80,00±8,16
Solarización	85,00±12,91	85,00±5,77	82,5±5,00	82,50±5,00	72,50±5,00	85,00±12,91	82,50±9,87
Biofumigación	81,89±7,50	86,25±5,00	72,5±6,83	76,25±7,27	74,38±7,27	80,63±6,80	81,88±7,75
Biosolarización	83,13±6,02	85,0±5,60	72,5±7,75	75,63±8,14	74,38±8,14	77,5±7,75	78,75±7,04
p-valor	0,5457	0,8886	0,0646	0,5042	0,9640	0,2374	0,9038
	131	138	146	153	159	166	Promedio
Testigo	85,00±5,77	72,50±5,00	77,50±12,58	80,00±8,16	80,00±14,14	75,00±12,91	77,5±8,83b
Solarización	87,50±5,00	80,00±8,16	80,00±8,16	82,50±15,10	85,00±12,91	82,50±12,58	82,5±9,47a
Biofumigación	81,88±8,34	76,88±9,46	77,50±9,31	81,25±8,06	78,75±6,57	79,38±9,29	79,19±8,65ba
Biosolarización	78,75±7,19	78,75±7,19	74,38±8,14	78,75±6,19	76,88±4,79	79,38±8,54	77,98±7,77b
p-valor	0,1683	0,5175	0,6267	0,7679	0,3637	0,6135	0,0069

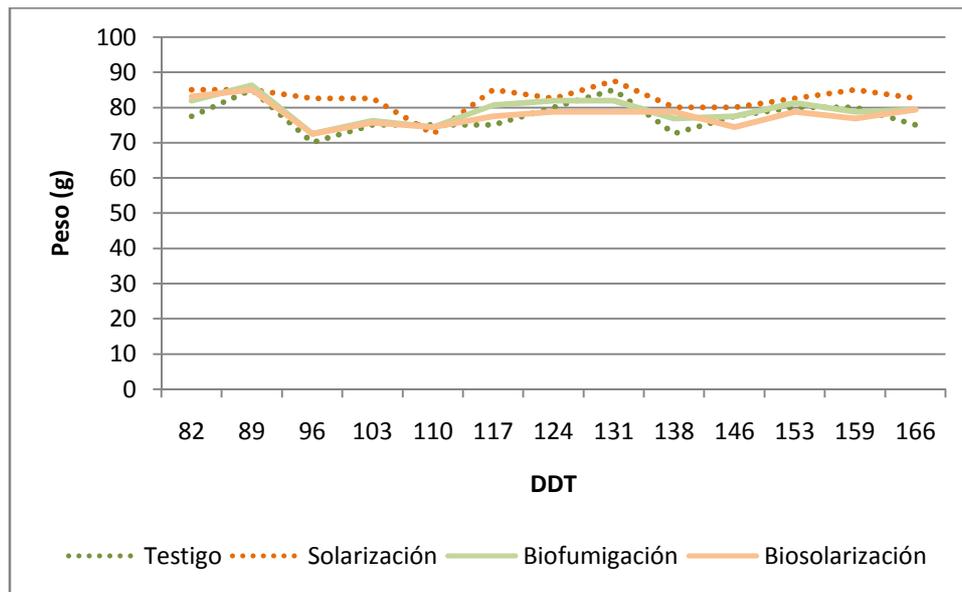


Figura 86. Evolución del peso fruto comercial (g) del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de las técnicas de desinfección empleadas.

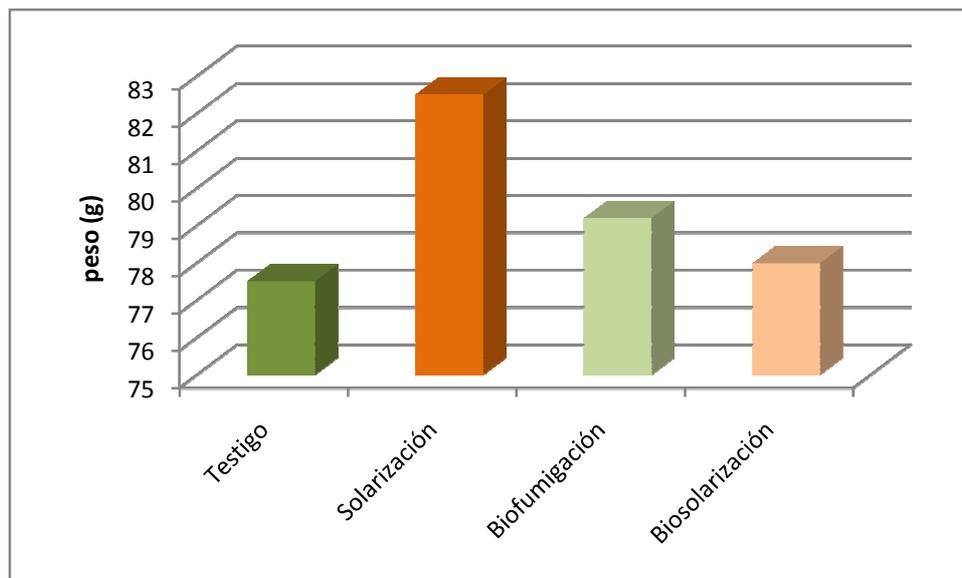


Figura 87. Peso promedio del fruto comercial (g) de tomate cv. Amilda en función de las diferentes técnicas de biodesinfección (biofumigación, biosolarización, solarización y testigo).

4.5. Calibre.

4.5.1. Calibre en función de los tratamientos realizados.

La tabla 28, muestra los resultados obtenidos en el estudio del calibre del fruto realizado para los distintos tratamientos en biofumigación y biosolarización.

Considerando los diferentes tratamientos en biofumigación, T₂ (figura 88 a) comenzó siendo notablemente superior al resto de los tratamientos, posteriormente se obtuvieron valores relativamente cercanos al resto de tratamientos y finalmente destacando como el tratamiento con mayor diámetro. El desarrollo de los demás tratamientos a lo largo del ciclo fue prácticamente similar, siendo el testigo el que obtuvo finalmente menor diámetro. Las diferencias son significativas ($p < 0,05$) en el primer y último análisis realizado (96 y 166 DDT respectivamente), siendo, en ambos casos, mayor los frutos obtenidos en el tratamiento con 0,8 kg de Brassicas (T₂). En el primer análisis, correspondiente a frutos cosechados 96 DDT, las diferencias son significativas en comparación con el testigo y el resto de tratamientos (0,3 Kg de Biofence® (T₁), 0,15 Kg de Brassicas + Gallinaza (T₃) y Biofence® + Biolimp (T₄)). En el último análisis, correspondiente a frutos cosechados 166 DDT, las diferencias son significativas en comparación con el testigo y T₄, pero no con los frutos obtenidos de los tratamientos T₁ y T₃. Al considerar los valores promedio de los distintos análisis realizados (Tabla 28), los frutos obtenidos del tratamiento con 0,8 kg Brassicas (T₂), con un diámetro de 56,87 mm, fueron los que mayor calibre mostraron, presentando diferencias estadísticamente significativas con el testigo y el resto de tratamientos. A continuación, los frutos obtenidos en el tratamiento con 0,3 kg de Biofence® (T₁), tuvieron un diámetro de 54,99 mm.

Considerando los diferentes tratamientos en biosolarización (figura 88 a), el tratamiento con 0,3 Kg de Biofence® (T_{1p}) comenzó el ciclo de cultivo produciendo frutos con mayor calibre en comparación al resto de tratamientos, sin embargo, a partir de 138 DDT el tratamiento con 0,15 Kg de Brassicas + Gallinaza (T_{3p}) fue el tratamiento que produjo frutos con mayor calibre hasta final de cultivo. Se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el primer y tercer día de estudio (96 y 138 DDT respectivamente). En el primer análisis, correspondiente a frutos cosechados 96 DDT, las diferencias son significativas en comparación con T_{4p}, y no difiere con el resto de tratamientos (T_{2p} y T_{3p}) y con el testigo. En el tercer análisis, correspondiente a frutos cosechados 138 DDT, las diferencias son significativas en comparación con el testigo y los tratamientos T_{2p} y T_{4p} pero no con los frutos obtenidos del tratamiento T₁. Al considerar los valores promedio obtenidos de los distintos análisis realizados (Tabla 28), los frutos del tratamiento con 0,15 Kg de Brassicas + Gallinaza (T_{3p}), con un diámetro de 56,37 mm, fueron los que mayor calibre mostraron, presentando a su vez diferencias significativas únicamente con el tratamiento T_{4p} (Testigo + Biolimp). A continuación, los frutos obtenidos en el tratamiento con 0,3 kg de Biofence® (T_{1p}) tuvieron un diámetro de 55,56 mm.

Si observamos la distribución de calibres en biofumigación, todos los tratamientos empleados exceptuando el tratamiento con 0,8 kg de Brassicas ("57 mm inclusive a 67 mm exclusive") se encuentran en la categoría de "47 mm inclusive a 57 mm exclusive" según el Reglamento (CE) N° 717/ 2001 de la comisión de 10 de Abril de 2001.

De acuerdo con Reglamento (CE) 771/2009 referente a normas de comercialización de frutas y hortalizas, los frutos obtenidos al aplicar las diferentes materias orgánicas adicionadas sin solarización, serían incluidos en el código 6 que incluye frutos con diámetros comprendidos entre 47-57 mm. Sin embargo, según Cadenas *et al.* (2003) que consideran calibre MM a los frutos con diámetros

comprendidos entre 45-55 mm y calibre M cuando el diámetro se encuentra entre 55-65 mm, de acuerdo con los resultados obtenidos, los frutos de tomate variedad Amilda obtendrían distinta denominación (MM o M) en función de la materia orgánica empleada.

En este sentido Ruiz(2005), obtuvo diferencias significativas en cuanto al calibre obtenido cuando ensayaba los efectos de distintos tipos de compost, como abonado de fondo, en suelo arenado sobre la producción y calidad en tomate cv. Pitenza

Si observamos la distribución de calibres en biosolarización, se encuentran en la categoría de “47 mm inclusive a 57 mm exclusive” según el Reglamento (CE) N° 790/2000.

De acuerdo con Reglamento (CE) 771/2009 referente a normas de comercialización de frutas y hortalizas, los frutos obtenidos al aplicar las diferentes materias orgánicas adicionadas con solarización, serían incluidos en el código 6 que incluye frutos con diámetros comprendidos entre 47-57 mm. Sin embargo, según Cadenas *et al.* (2003) que consideran calibre MM a los frutos con diámetros comprendidos entre 45-55 mm y calibre M cuando el diámetro se encuentra entre 55-65 mm, de acuerdo con los resultados obtenidos, los frutos de tomate variedad Amilda obtendrían distinta denominación (MM o M) en función de la materia orgánica empleada.

Tabla 28. Diámetro ecuatorial (mm) del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección sin solarización (Biofumigación) y con solarización (Biosolarización). Diferentes letras denotan diferencia estadística al 95% de confianza para el Test de diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD).

Biofumigación	DDT				Promedio
	96	117	138	166	
T ₀ =Testigo	53,54±4,28b	56,59±3,73	56,30±4,40	52,44±4,10b	54,72±4,46b
T ₁ =Biofence 0,3 Kg/ m ²	53,67±4,84b	57,51±3,77	55,69±4,49	53,07±5,79ba	54,99±5,05b
T ₂ =Brassicas 0,8 Kg/ m ²	57,47±3,87a	58,07±4,43	56,18±4,05	55,76±6,20a	56,87±4,78a
T ₃ =T ₂ + Gallinaza 0,15 Kg/ m ²	53,64±4,37b	57,24±4,12	54,77±3,67	53,37±6,21ba	54,85±4,78b
T ₄ =T ₁ + Biolimp	54,27±4,00b	56,68±4,02	55,86±3,41	52,61±3,91b	54,86±4,11b
<i>p</i> -valor	0,0001*	0,4024	0,4683	0,0139*	0,0001*
Biosolarización	96	117	138	166	Promedio
T _{0p} =Testigo	54,92±4,34ba	56,99±4,79	54,68±3,39b	54,13±4,44	55,18±4,37ba
T _{1p} =Biofence 0,3 Kg/ m ²	55,73±4,37a	57,53±4,14	54,82±3,62ba	54,17±5,81	55,56±4,69ba
T _{2p} =Brassicas 0,8 Kg/ m ²	55,47±4,24ba	56,62±4,80	54,43±3,19b	53,91±5,80	55,11±4,68ba
T _{3p} =T ₂ + Gallinaza 0,15 Kg/ m ²	54,28±3,89ba	57,65±4,22	57,04±3,25a	56,50±4,42	56,37±4,13a
T _{4p} =T ₁ + Biolimp	53,03±3,27b	57,89±4,42	54,11±4,49b	54,69±5,80	54,93±4,89b
<i>p</i> -valor	0,0229*	0,6552	0,0029*	0,1284	0,0329*

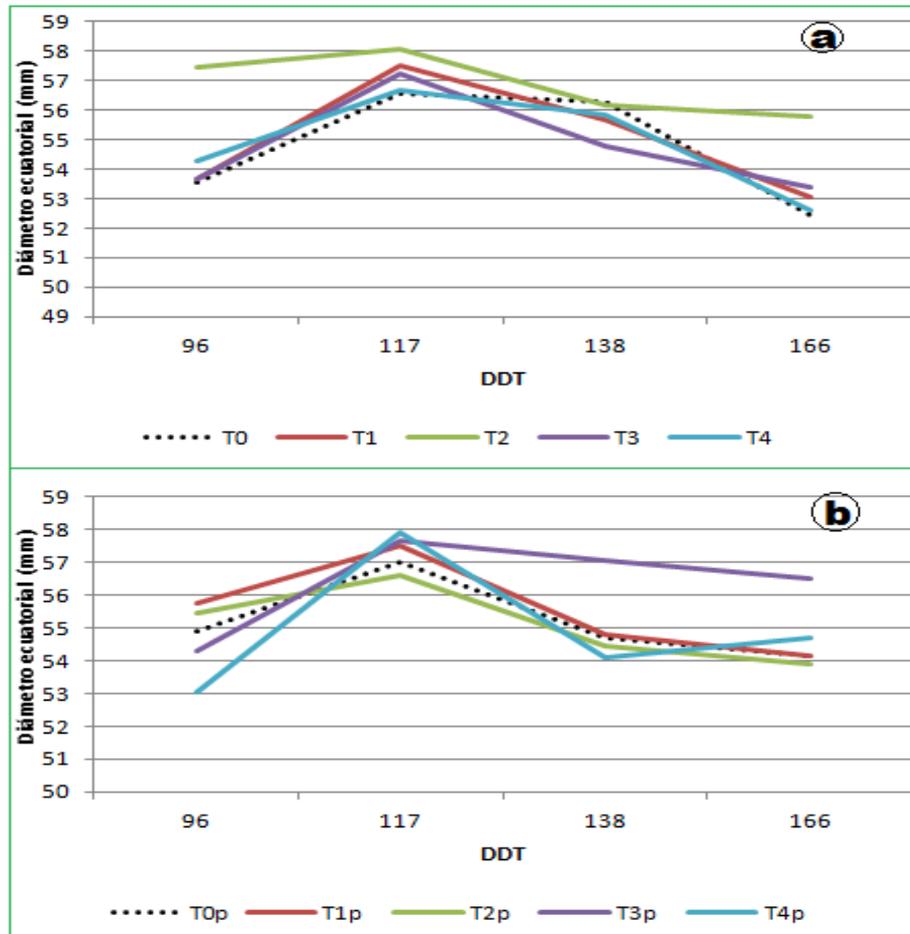


Figura 88. Evolución del diámetro ecuatorial (mm) a lo largo del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección sin solarización (a) (T₀:Testigo, T₁:Biofence 0,3Kg m⁻², T₂:Brassicas 0,8 Kg m², T₃: T₂+Gallinaza 0,15 Kg m⁻², T₄: T₁+Biolimp) y con solarización (b) (T_{0p}:Testigo, T_{1p}:Biofence 0,3Kg m⁻², T_{2p}:Brassicas 0,8 Kg m², T_{3p}: T₂+Gallinaza 0,15 Kg m⁻², T_{4p}: T₁+Biolimp).

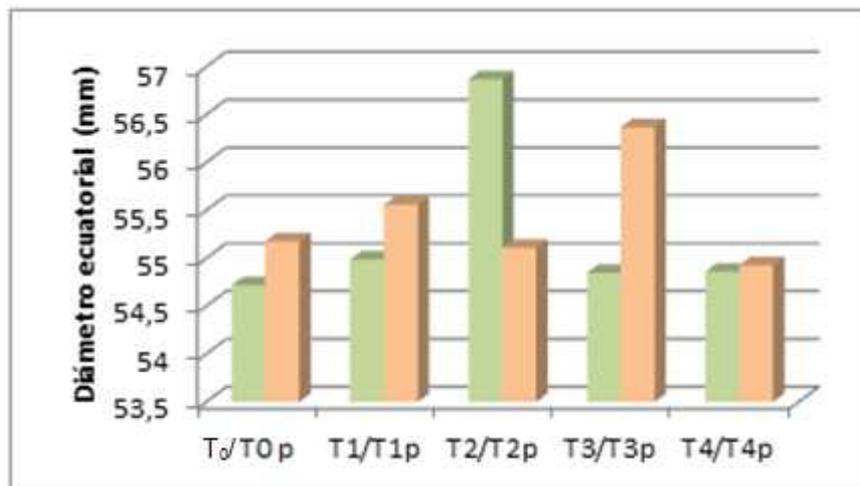


Figura 89. Diámetro ecuatorial promedio (mm) del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección con y sin solarización; Biofumigación (verde) y Biosolarización (naranja).

4.5.2. Calibre en función de las técnicas de desinfección empleadas.

La tabla 29 muestra los resultados del estudio del calibre en función de las técnicas de desinfección empleadas.

Considerando las diferentes técnicas de desinfección (figura 90), fue semejante en todos los casos produciéndose un aumento generalizado en el diámetro en todos los frutos hasta la segunda fecha de estudio (117 DDT), a partir de la cual se produjo un descenso hasta final de ciclo donde las parcelas biosolarizadas y solarizadas produjeron frutos de mayor tamaño que en las biofumigadas y las parcelas testigo, existiendo diferencias estadísticamente significativas en el último ensayo realizado, correspondiente a 166 DDT, donde los frutos obtenidos por parcelas biosolarizadas obtuvieron un mayor calibre, siendo las diferencias significativas en comparación con los frutos cosechados en las parcelas testigo. Al considerar los valores promedio (Tabla 29), los frutos obtenidos del tratamiento en las parcelas biosolarizadas, con un diámetro de 55,49 mm, fueron los que mayor calibre mostraron, sin presentar diferencias estadísticamente significativas con el resto. A continuación, los frutos obtenidos en biofumigación tuvieron un diámetro de 55,49 mm, mientras que los obtenidos en el testigo fueron los que menor diámetro obtuvieron con 54,72 mm.

Según el calibre medio obtenido (57,85mm) en el ensayo sobre los efectos de distintos tipos de compost, como abonado de fondo, en suelo arenado sobre la producción y calidad en tomate cv. Pitenza(Ruiz, 2005), obtuvieron un calibre promedio ligeramente superior al obtenido en nuestro ensayo 55,2 mm

Tabla 29. Diámetro ecuatorial (mm) del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de las técnicas de desinfección empleadas.

Tratamiento	DDT				Promedio
	96	117	138	166	
Testigo	53,54±4,28	56,59±3,73	56,30±4,40	52,44±4,10b	54,72±4,46
Solarización	54,92±4,34	56,99±4,79	54,68±3,39	54,13±4,44ba	55,18±4,37
Biofumigación	54,77±4,53	57,38±4,08	55,62±3,92	53,70±5,65ba	55,41±4,76
Biosolarización	54,63±4,07	57,42±4,39	55,10±3,82	54,82±5,53a	55,49±4,63
p-valor	0,4123	0,6413	0,1718	0,0497	0,2615

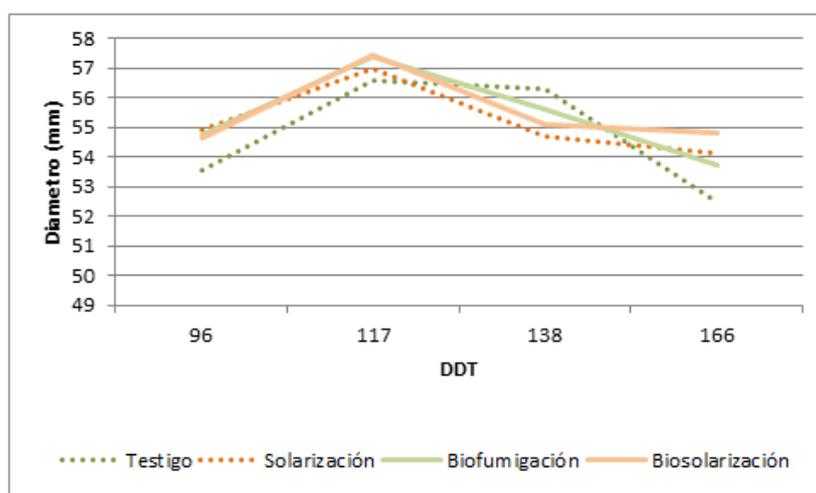


Figura 90. Evolución del diámetro ecuatorial (mm) del fruto comercial de tomate cv. Amilda a lo largo del ciclo de cultivo en función de las técnicas de desinfección empleadas.

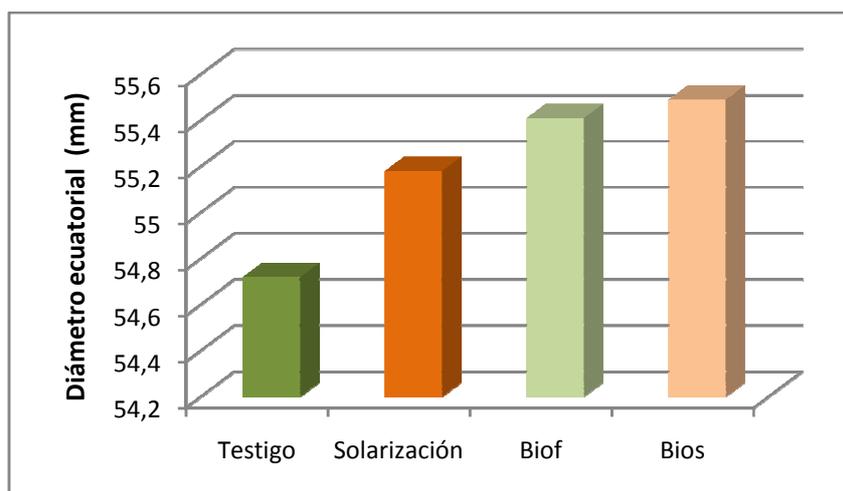


Figura 91. Diámetro ecuatorial promedio (mm) del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función las técnicas de desinfección empleadas; Biofumigación (biof), biosolarización (bios), testigo y solarización.

4.6. Color (a/b).

4.6.2. Color (a/b) en función de los tratamientos realizados.

La tabla 30, muestra los resultados obtenidos en el estudio del fruto realizado como la relación existente entre los valores a/b, realizado para los distintos tratamientos en biofumigación y biosolarización.

Considerando los diferentes tratamientos en biofumigación, la relación de color a/b fue haciéndose progresivamente menor a lo largo del ciclo de cultivo, obteniendo al final frutos con una coloración menos roja que la obtenida al principio de cultivo (Figura 92a), siendo el testigo el que obtuvo una relación a/b menor al final del cultivo. Las diferencias son significativas ($p < 0,05$) en el primer y último análisis realizado (96 y 166 DDT), siendo, en el primer caso, mayor en los frutos obtenidos del tratamiento Biofence® + Biolimp (T_4), y del tratamiento con 0,3 kg de Biofence® (T_1) donde las diferencias son significativas en T_4 en comparación con el testigo, pero no con los frutos obtenidos del resto de tratamientos (T_1 , T_2 y T_3). En el último análisis realizado (166 DDT) a pesar de obtener un valor inferior a 0,05 de p-valor el método de análisis múltiple de rangos que se empleó (Tukey) no marca diferencias entre los tratamientos. Al considerando los valores promedio de los distintos análisis realizados (Tabla 30), los frutos obtenidos del tratamiento con 0,8 kg Brassicas (T_2), con 0,57, fueron los que mayor relación a/b mostraron, no presentando diferencias estadísticamente significativas con el testigo y el resto de tratamientos. A continuación, los frutos obtenidos en el tratamiento con 0,15 Kg de Brassicas + Gallinaza (T_3) y T_4 tuvieron una relación a/b de 0,56.

Considerando los diferentes tratamientos en biosolarización (figura 92b), al igual que lo ocurrido en biofumigación, la relación de color a/b fue haciéndose progresivamente menor a lo largo del ciclo de cultivo, durante el cual, todos los tratamientos mostraron mayor relación a/b que el testigo. Se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) en todos los días de estudio exceptuando al último (166 DDT), siendo mayor en los frutos obtenidos por el tratamiento con 0,3 kg de Biofence® (T_{1p}) en el primer día (96 DDT) y por el tratamiento con 0,8 Kg de Brassicas (T_{2p}) en los ensayos con fecha 117 DDT y 138 DDT. En el primer análisis, correspondiente a frutos cosechados 96 DDT, las diferencias son significativas en comparación con el testigo. Para el segundo caso correspondiente a frutos cosechados 117 DDT las diferencias son significativas en comparación con el testigo, pero no con los frutos obtenidos del resto de tratamiento (T_{1p} , T_{3p} , T_{4p}). Para el último caso correspondiente a frutos cosechados 138 DDT las diferencias son significativas en comparación con el tratamiento con 0,15 Kg de Brassicas + Gallinaza (T_{3p}), pero no con los frutos obtenidos por el testigo y resto de tratamientos (T_{1p} y T_{4p}). Al considerar los valores promedio obtenidos de los distintos análisis realizados (Tabla 30), los frutos del tratamiento T_{1p} y T_{2p} con valores de a/b de 0,57, fueron los que mayor relación mostraron, existiendo diferencias significativas entre los tratamientos aunque el método de análisis múltiple de rangos que se empleó (Tukey) no marco diferencias entre los tratamientos.

Estudios recientes (Gómez, 2011) sobre el establecimiento de modelos de producción y calidad organoléptica en tomate tipo pera en cultivo de otoño en invernadero de Almería, obtienen valores para la relación a/b de 0,67 – 0,95, los cuales son superiores a los obtenidos en nuestro ensayo.

Como se puede observar en la tabla 30, los valores de a/b van disminuyendo a lo largo de los sucesivos estudios. Este comportamiento podría deberse a la degradación de la clorofila en los cloroplastos de las células y síntesis de carotenos, entre los que destaca el licopeno y en menor proporción el β -caroteno (Zapata et al; 2007). Según estudios de la USDA relacionados con valores aceptables de color en tomate correspondientes a los valores obtenidos en la relación a/b (Batu, 2004), se obtuvo frutos con la denominación Light red a comienzos de ciclo y frutos con la denominación pink al final de cultivo.

Tabla 30. Color (a/b) del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección sin solarización (Biofumigación) y con solarización (Biosolarización). Diferentes letras denotan diferencia estadística al 95% de confianza para el Test de diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD).

Biofumigación	DDT				
	96	117	138	166	Promedio
T ₀ =Testigo	0,67±0,33b	0,58±0,21	0,58±0,30	0,26±0,33a	0,52±0,33
T ₁ =Biofence 0,3 Kg/ m ²	0,71±0,23ba	0,51±0,25	0,57±0,33	0,36±0,34a	0,53±0,32
T ₂ =Brassicás 0,8 Kg/ m ²	0,76±0,24ba	0,54±0,21	0,60±0,27	0,36±0,33a	0,57±0,30
T ₃ =T ₂ + Gallinaza 0,15 Kg/ m ²	0,73±0,25ba	0,55±0,25	0,61±0,31	0,35±0,32a	0,56±0,31
T ₄ =T ₁ + Biolimp	0,78±0,28a	0,54±0,26	0,62±0,27	0,30±0,32a	0,56±0,33
p-valor	0,0098*	0,2765	0,6836	0,0335*	0,0670
Biosolarización	96	117	138	166	Promedio
T _{0p} =Testigo	0,66±0,32b	0,50±0,22b	0,61±0,35	0,31±0,31	0,52±0,33a
T _{1p} =Biofence 0,3 Kg/ m ²	0,77±0,24a	0,55±0,22ba	0,57±0,28	0,39±0,26	0,57±0,28a
T _{2p} =Brassicás 0,8 Kg/ m ²	0,72±0,28ba	0,59±0,21a	0,64±0,22	0,33±0,35	0,57±0,30a
T _{3p} =T ₂ + Gallinaza 0,15 Kg/ m ²	0,71±0,25ba	0,56±0,22ba	0,54±0,31	0,39±0,31	0,55±0,30a
T _{4p} =T ₁ + Biolimp	0,74±0,27ba	0,54±0,27ba	0,59±0,29	0,36±0,33	0,56±0,32a
p-valor	0,0444*	0,0242*	0,0602	0,1086	0,0490*

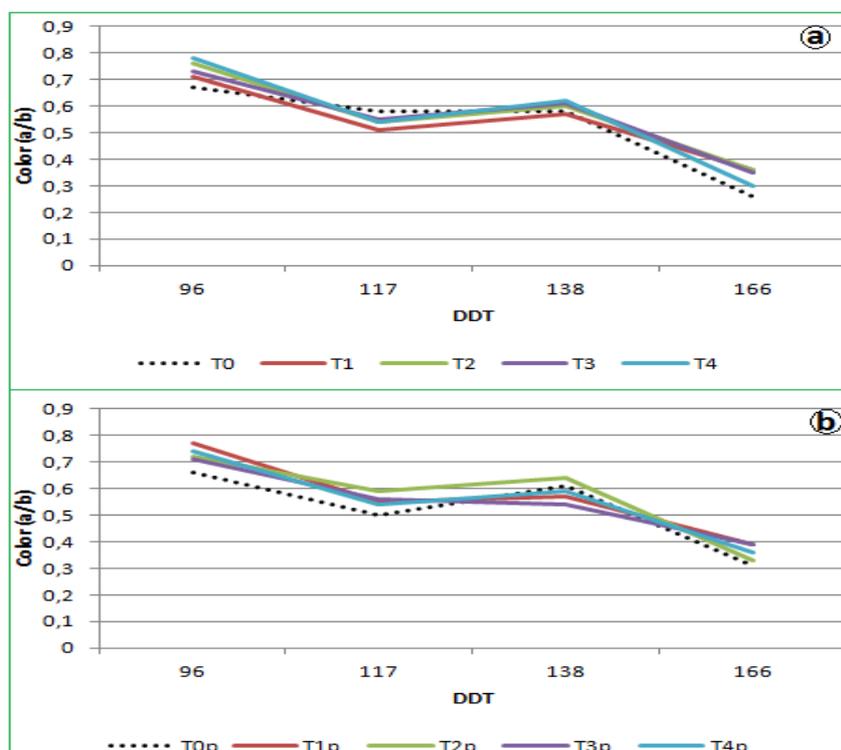


Figura 92. Evolución del color (a/b) a lo largo del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección sin solarización (a) (T₀:Testigo, T₁:Biofence 0,3Kg m⁻², T₂:Brassicás 0,8 Kg m⁻², T₃: T₂+Gallinaza 0,15 Kg m⁻², T₄: T₁+Biolimp) y con solarización (b) (T_{0p}:Testigo, T_{1p}:Biofence 0,3Kg m⁻², T_{2p}:Brassicás 0,8 Kg m⁻², T_{3p}: T₂+Gallinaza 0,15 Kg m⁻², T_{4p}: T₁+Biolimp).

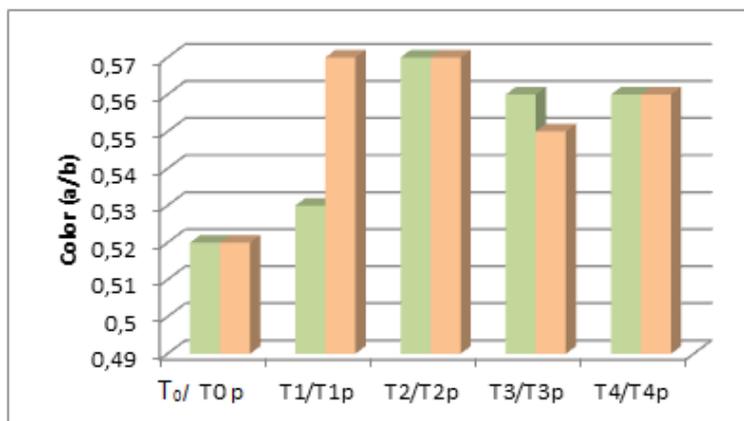


Figura 93. Color (a/b) promedio del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección con y sin solarización; Biofumigación (verde) y Biosolarización (naranja).

4.6.2. Color (a/b) en función de las técnicas de desinfección empleadas.

La tabla 31 muestra los resultados del estudio del color (a/b) en función de las técnicas de desinfección empleadas.

Considerando las diferentes técnicas de desinfección (figura 94), a lo largo del ciclo de cultivo, fue semejante en todos los casos produciéndose un progresivo decrecimiento en el desarrollo a lo largo del ciclo de cultivo. El cultivo finalizó con la curva de los testigos por debajo de la biofumigación y biosolarización. Las diferencias son estadísticamente significativas en todos los días de estudio exceptuando el tercero, donde con una relación a/b de 0,74, la biofumigación es la que produce frutos con mayor relación a/b para 96 DDT, donde las diferencias son significativas en comparación con el testigo y solarización. En el segundo caso correspondiente a frutos cosechados 117 DDT, el testigo con una relación a/b de 0,58 es el que produce frutos con mayor relación a/b, las diferencias son significativas en comparación con la solarización. Para el último caso correspondiente a frutos cosechados 166 DDT la biosolarización es la que produce frutos con mayor relación a/b, 0,37, las diferencias son significativas en comparación con el testigo. Al considerar los valores promedio (tabla 31), los frutos obtenidos en la biosolarización, con una relación a/b de 0,56 fueron los que mayor relación a/b mostraron, presentando diferencias estadísticamente significativas con los frutos obtenidos de las parcelas solarizadas. A continuación, los frutos obtenidos en la biofumigación obtuvieron una relación a/b de 0,55, mientras que la relación a/b que se obtuvo en los testigos y la solarización fue semejante, 0,52.

Estudios sobre rangos de valores aceptables para tomate (Batu, 2004) obtienen un intervalo comprendido entre 0,60-0,95. El rango de valores entre los que se encuentran los obtenidos en nuestro ensayo es ligeramente inferior.

Tabla 31. Color (a/b) del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de las técnicas de desinfección empleadas. Diferentes letras denotan diferencia estadística al 95% de confianza para el Test de diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD).

Tratamiento	DDT				Promedio
	96	117	138	166	
Testigo	0,67±0,33cb	0,58±0,21a	0,58±0,30	0,26±0,33b	0,52±0,33ba
Solarización	0,66±0,32c	0,50±0,22b	0,61±0,35	0,31±0,31ba	0,52±0,33b
Biofumigación	0,74±0,25a	0,54±0,24ba	0,60±0,29	0,34±0,33a	0,56±0,31a
Biosolarización	0,73±0,26ba	0,56±0,23a	0,59±0,28	0,37±0,31a	0,56±0,30a
p-valor	0,0017*	0,0121*	0,7348	0,0025*	0,0044*

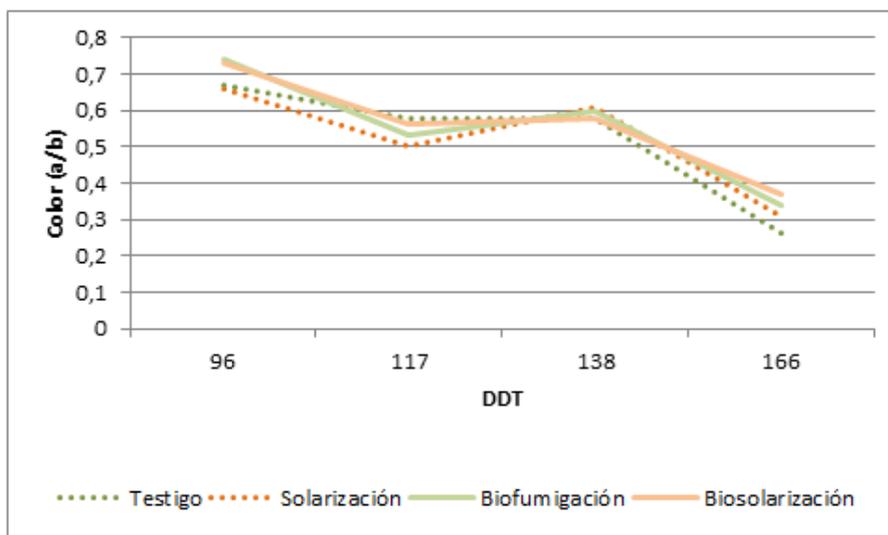


Figura 94. Evolución del color (a/b) del fruto comercial de tomate cv. Amilda a lo largo del ciclo de cultivo en función de las técnicas de desinfección empleadas

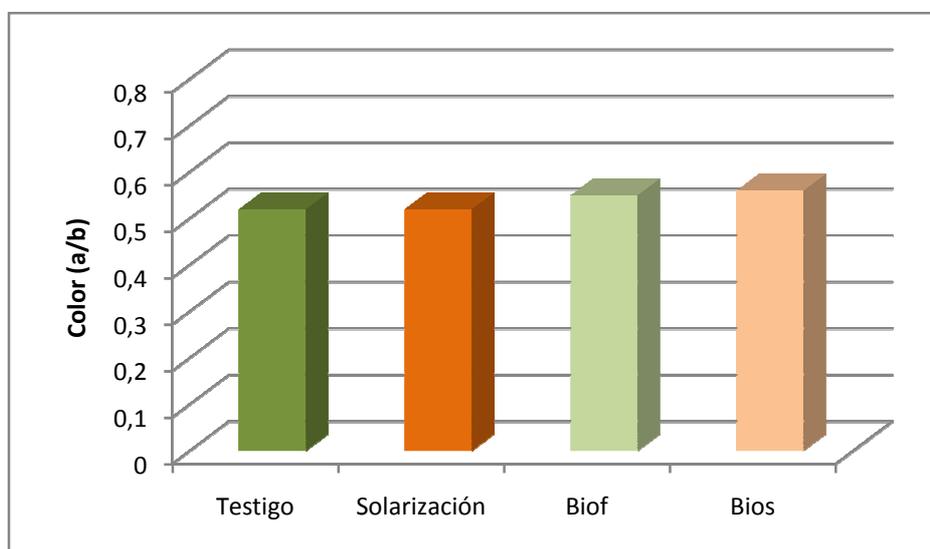


Figura 95. Color (a/b) promedio del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de las técnicas de desinfección empleadas, Biofumigación (biof) y Biosolarización (bios).

4.7. Color (L).

4.7.1. Color (L) en función de los tratamientos empleados.

La tabla 32, muestra los resultados obtenidos en el estudio del color medido como la luminosidad del fruto (L) realizado para los distintos tratamientos en biofumigación y biosolarización.

Considerando los diferentes tratamientos en biofumigación, 0,3 kg de Biofence® (T₁) y 0,15 Kg Brassicas deshidratadas + Gallinaza (T₃) comenzaron produciendo una mayor luminosidad que el resto. EL ciclo continuó con un generalizado crecimiento de todos los tratamientos en el cual los frutos del testigo fueron los que mayor luminosidad empezaron a mostrar desde mediados de ciclo de cultivo, finalizando la campaña como los frutos con mayor valor de luminosidad. Las diferencias son significativas ($p < 0,05$) en el último análisis realizado (166 DDT), siendo mayor en los frutos obtenidos del testigo donde las diferencias son significativas en comparación con el tratamiento con 0,8 kg Brassicas (T₂). Al considerar los valores promedio de los distintos análisis realizados (Tabla 32), los frutos obtenidos por el testigo con unos valores de L de 46,66, fueron los que mayor luminosidad mostraron, no presentando diferencias estadísticamente significativas con el resto. A continuación, los frutos obtenidos en el tratamiento con T₄ tuvieron una luminosidad de 46,54.

Considerando los diferentes tratamientos en biosolarización, no siguieron un patrón generalizado a lo largo del ciclo de cultivo. El tratamiento T_{4p} comenzó produciendo frutos con una luminosidad notablemente mayor que el resto de tratamientos. El desarrollo continuo con valores de luminosidad de frutos del testigo por debajo del resto de tratamientos, produciéndose posteriormente un crecimiento en los valores del testigo, finalizando por encima del resto. Se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el tercer día de estudio (138 DDT), siendo mayor los frutos obtenidos con 0,15 Kg de Brassicas + Gallinaza (T_{3p}), donde las diferencias son significativas en comparación con el testigo. Al considerar los valores promedio obtenidos de los distintos análisis realizados (Tabla 32), los frutos del testigo + Biolimp (T_{4p}), con una luminosidad (L) de 46,86, fueron los que mayor luminosidad mostraron, no presentando a diferencias significativas con el testigo y ningún tratamiento. A continuación, los frutos obtenidos en el tratamiento con 0,15 Kg de Brassicas + Gallinaza (T_{3p}) tuvieron una luminosidad de 46,54.

Los valores de luminosidad (L) obtenidos por Tooret *al.* 2006 sobre tomates cultivados en Nueva Zelanda oscilan entre 40 y 60, rango entre los que se encuentra comprendidos los obtenidos para tomate cv. Amilda en nuestro ensayo. Del mismo modo ensayos sobre cambios de color en tomate a lo largo de la vida del fruto, para tomate larga vida, (Ivonneet *al.* 2011) llegan a obtener valores comprendidos entre 30 y 40.

Tabla 32. Color (L) del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección sin solarización (Biofumigación) y con solarización (Biosolarización).

DDT					
Biofumigación	96	117	138	166	Promedio
T ₀ =Testigo	45,68±4,55	46,06±2,82	46,88±4,06	48,03±3,45a	46,66±3,89
T ₁ =Biofence 0,3 Kg/ m ²	46,25±3,93	45,70±2,39	46,97±4,18	47,14±3,14ba	46,52±3,21
T ₂ =Brassicac 0,8 Kg/ m ²	45,53±3,27	45,79±2,45	46,66±3,63	46,77±3,57b	46,19±3,26
T ₃ =T ₂ + Gallinaza 0,15 Kg/ m ²	46,15±3,97	45,96±2,58	46,30±3,56	47,53±3,18ba	46,49±2,94
T ₄ =T ₁ + Biolimp	45,37±3,96	46,37±2,93	46,56±4,03	47,86±3,25ba	46,54±3,68
p-valor	0,2989	0,3188	0,6734	0,0150*	0,2997
Biosolarización					
Biosolarización	96	117	138	166	Promedio
T _{0p} =Testigo	45,81±3,86	45,87±3,03	45,82±3,34b	47,40±3,44	46,23±4,58
T _{1p} =Biofence 0,3 Kg/ m ²	45,44±3,88	46,06±2,50	46,80±3,73ba	46,96±2,73	46,32±2,48
T _{2p} =Brassicac 0,8 Kg/ m ²	45,85±4,00	45,73±2,22	46,13±3,26ba	46,97±3,61	46,17±3,76
T _{3p} =T ₂ + Gallinaza 0,15 Kg/ m ²	46,19±3,99	45,84±2,46	47,29±3,82a	46,85±3,08	46,54±2,91
T _{4p} =T ₁ + Biolimp	46,91±4,31	46,52±2,81	47,16±3,81a	46,83±2,74	46,86±43,64
p-valor	0,3716	0,1331	0,0038*	0,5938	0,0570

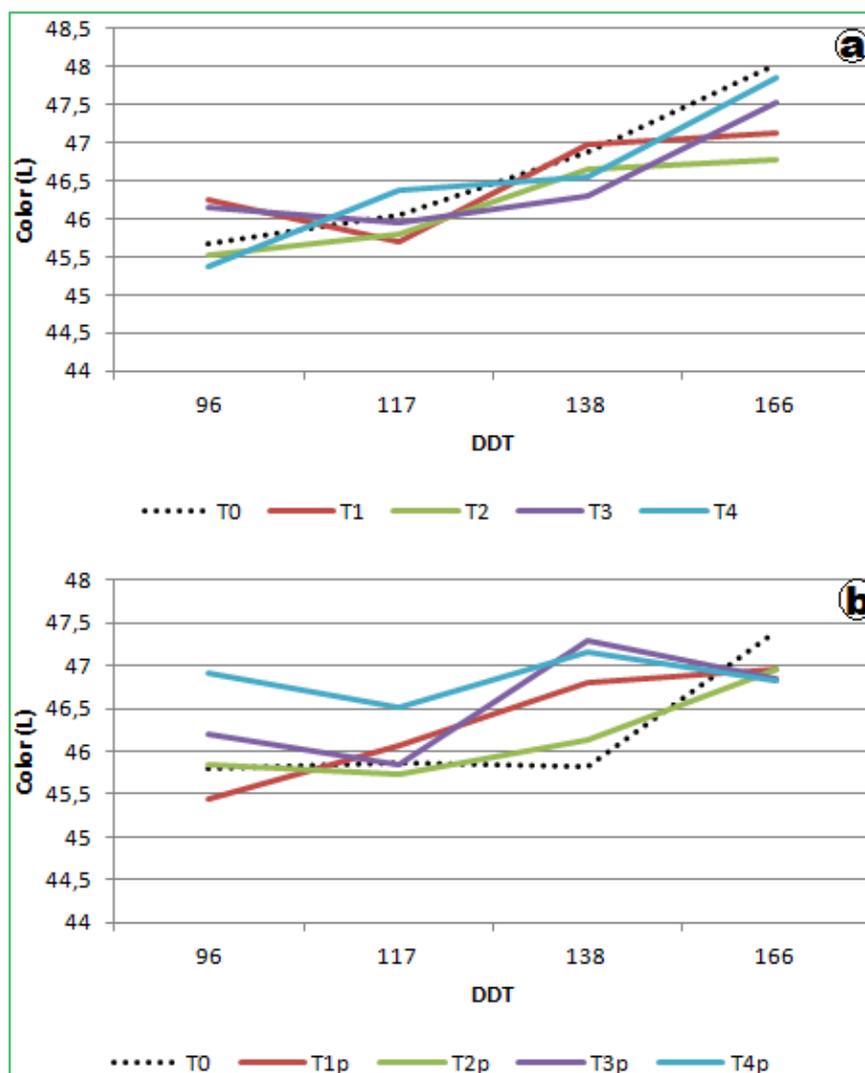


Figura 96. Evolución del color (L) a lo largo del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección sin solarización (a) (T₀:Testigo, T₁:Biofence 0,3Kg m⁻², T₂:Brassicac 0,8 Kg m⁻², T₃: T₂+Gallinaza 0,15 Kg m⁻², T₄: T₁+Biolimp) y con solarización (b) (T_{0p}:Testigo, T_{1p}:Biofence 0,3Kg m⁻², T_{2p}:Brassicac 0,8 Kg m⁻², T_{3p}: T₂+Gallinaza 0,15 Kg m⁻², T_{4p}: T₁+Biolimp).

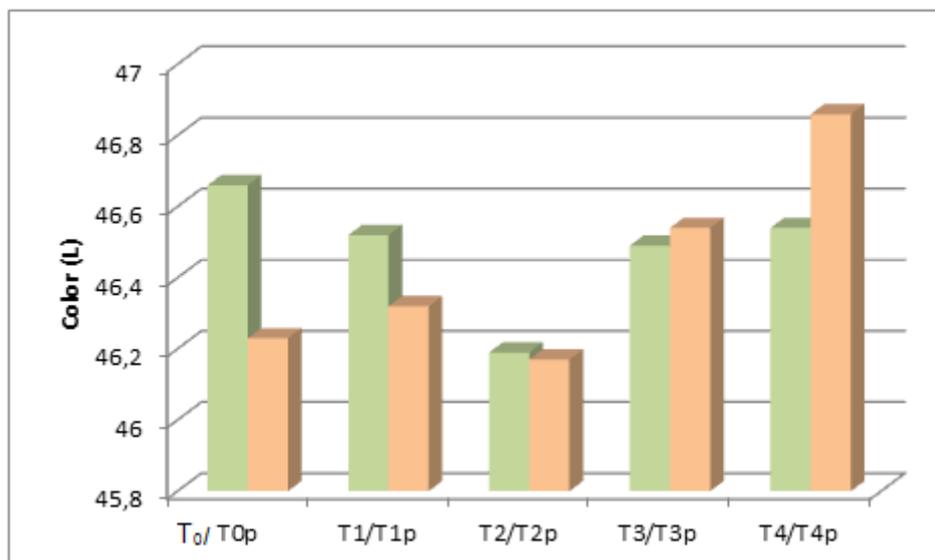


Figura 97. Color (L) promedio del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de bio-desinfección con y sin solarización; Biofumigación (verde) y Biosolarización (naranja).

4.7.2. Color (L) en función de las técnicas de desinfección empleadas.

La tabla 33 muestra los resultados del estudio del color (L) en función de las técnicas de desinfección empleadas.

Considerando las diferentes técnicas de desinfección (figura 198), hasta la segunda y tercera fecha de estudio se produjo una constancia en la luminosidad de todos los frutos, dando lugar posteriormente a frutos con mayor luminosidad a excepción con los obtenidos en la biosolarización que mantuvieron una luminosidad constante a partir del tercer día de estudio. Las diferencias son estadísticamente significativas (tabla 33) en los dos últimos días de estudio (138 DDT y 166 DDT), donde con 46,85, la biosolarización es el que produce frutos con mayor luminosidad para 138 DDT. En el segundo caso correspondiente a frutos cosechados 166 DDT, el testigo con 48,03 es el que produce frutos con mayor luminosidad. Para 138 DDT las diferencias son significativas en comparación con la solarización y para 166 DDT las diferencias son significativas en comparación con la biosolarización. Al considerar los valores promedio, los frutos obtenidos en el testigo, con un valor de 46,66 fueron los que mayor luminosidad mostraron, sin presentar diferencias estadísticamente significativas con el resto. A continuación, los frutos obtenidos en la biofumigación y biosolarización obtuvieron una luminosidad en los frutos semejante de 46,44.

Tabla 33. Color (L) del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de las técnicas de desinfección empleadas. Diferentes letras denotan diferencia estadística al 95% de confianza para el Test de diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD).

Tratamiento	DDT				Promedio
	96	117	138	166	
Testigo	45,68±4,55	46,06±2,82	46,88±4,06	48,03±3,45a	46,66±3,87
Solarización	45,81±3,86	45,87±3,03	45,82±3,34	47,40±0,44ba	46,23±3,49
Biofumigación	45,83±3,80	45,96±2,60	46,62±3,86	47,33±3,31ba	46,44±3,48
Biosolarización	45,97±4,05	46,04±2,52	46,85±3,68	46,90±3,05b	46,44±3,40
<i>p</i> -valor	0,8753	0,9013	0,0518	0,0039*	0,2692

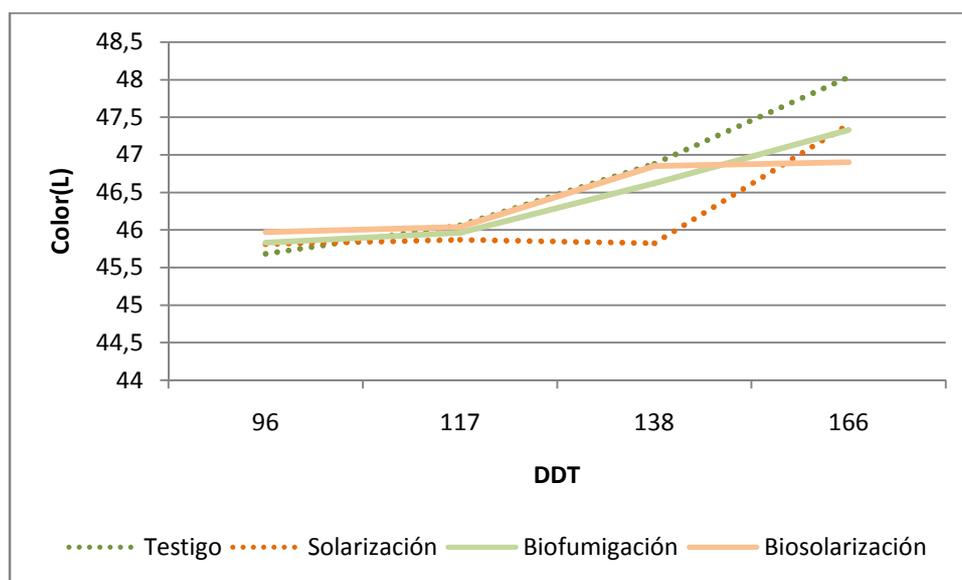


Figura 98. Evolución del color (L) del fruto comercial de tomate cv. Amilda a lo largo del ciclo de cultivo en función de las técnicas de desinfección empleadas.

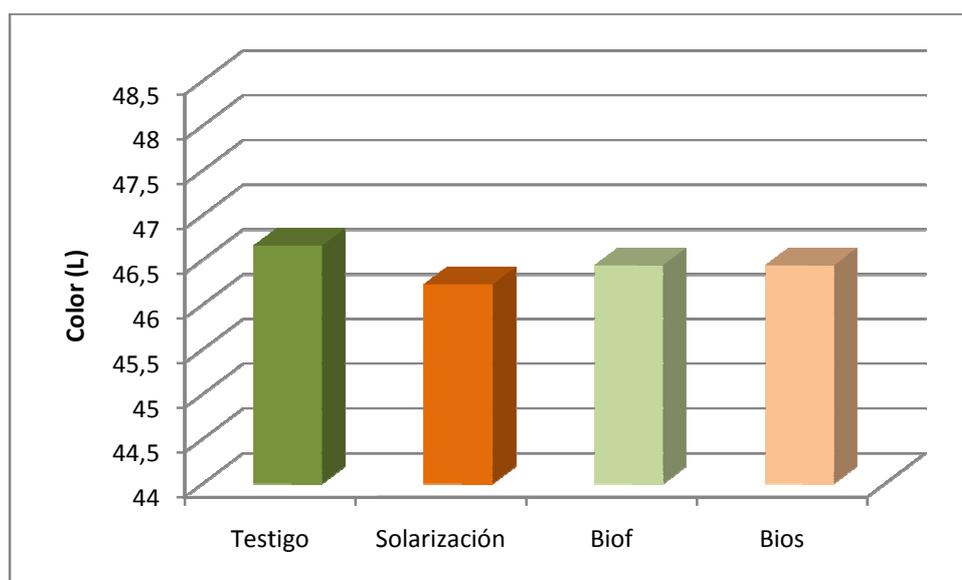


Figura 99. Color (L) promedio del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de las técnicas de desinfección empleadas; Biofumigación (biof), biosolarización (bios), testigo y solarización.

4.8. Firmeza.

4.8.1. Firmeza en función de los tratamientos realizados.

La tabla 34, muestra los resultados obtenidos en el estudio de la firmeza del fruto realizado para los distintos tratamientos en biofumigación y biosolarización.

Considerando los diferentes tratamientos en biofumigación (figura 100a), comenzaron con un ligero ascenso siendo el tratamiento de 0,3 kg de Biofence® (T₁) superior al resto. A partir de la segunda fecha de estudio (117 DDT) el testigo empezó a producir frutos con mayor firmeza, consolidándose finalmente como el que mayor dureza de frutos producía. Finalmente con 4,98 Kg/cm², el tratamiento T₁ terminó siendo el tratamiento con frutos con menor firmeza. Las diferencias son significativas ($p < 0,05$) en todos los análisis realizados, siendo en el ensayo 96 DDT, mayor en los frutos obtenidos del tratamiento Biofence® + Biolimp (T₄) donde las diferencias son significativas en comparación con el tratamiento con 0,8 Kg de Brassicas (T₂) pero no con los frutos obtenidos del testigo y de los tratamientos T₁ y T₃. EL ensayo correspondiente a 117 DDT el tratamiento con 0,3 kg de Biofence® (T₁) obtuvo frutos con mayor firmeza, siendo las diferencias estadísticamente significativas en comparación con el testigo y resto de tratamientos (T₂, T₃, T₄). Finalizando el ciclo de cultivo, los dos últimos ensayos (138 DDT y 166 DDT respectivamente) el testigo obtuvo frutos con mayor firmeza, sin embargo para 138 DDT a pesar de obtener un valor inferior a 0,05 de p-valor el método de análisis múltiple de rangos que se empleó (Tukey) no marca diferencias entre los tratamientos. En cambio, para 166 DDT, las diferencias son significativas en comparación con el tratamiento T₁ pero no con los frutos obtenidos de los tratamientos T₂, T₃, T₄. Al considerar los valores promedio de los distintos análisis realizados (Tabla 34), los frutos obtenidos del testigo, con una firmeza de 4,43 kg/cm², fueron los que mayor firmeza mostraron, presentando diferencias estadísticamente significativas con el tratamiento T₂. A continuación, los frutos obtenidos en el tratamiento con 0,3 kg de Biofence® tuvieron una firmeza de 4,41 kg/cm².

Considerando los diferentes tratamientos en biosolarización, siguieron un patrón similar, mostrando valores cercanos a lo largo del ciclo del cultivo, desviándose apenas el tratamiento T_{2p} a mitad de ciclo. Finalmente el tratamiento con 0,15 Kg de Brassicas + Gallinaza (T_{3p}), es el que termina el ciclo con menor dureza en sus frutos (figura 100 b). Se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) en todos los días de estudio excepto el último (166 DDT), siendo mayor los frutos obtenidos con 0,15 Kg de Brassicas + Gallinaza (T_{3p}), en el primer y segundo día (96 DDT y 117 DDT), para 138 DDT los frutos obtenidos del tratamiento Biofence® + Biolimp (T_{4p}). En el primer análisis, correspondiente a frutos cosechados 96 DDT, las diferencias son significativas en comparación con el testigo y tratamientos T_{1p} y T_{4p}. Para el segundo caso correspondiente a frutos cosechados 117 DDT las diferencias son significativas en comparación con el tratamiento T_{2p}. En el tercer análisis, correspondiente a frutos cosechados 138 DDT, las diferencias son significativas en comparación con T_{2p}. Al considerar los valores promedio obtenidos de los distintos análisis realizados (Tabla 34), los frutos del tratamiento con 0,15 Kg de Brassicas + Gallinaza (T_{3p}), con una firmeza de 4,31 kg/cm², fueron los que mayor firmeza mostraron, no presentando diferencias significativas con el testigo y ningún tratamiento. A continuación, los frutos obtenidos en el tratamiento Biofence® + Biolimp (T_{4p}) tuvieron una firmeza de 4,19 kg/cm².

Estudios recientes (Gómez, 2011) sobre el establecimiento de modelos de producción y calidad organoléptica en tomate tipo pera en cultivo de otoño en invernadero de Almería, obtienen valores de firmeza entorno 1,6 y 2,4 kg/cm². Del mismo modo, con ensayos con tomate tipo pera, (Callejón, 2003) obtuvo un intervalo de 0,67 a 1,53 kg/cm² en la campaña 1998-1999 y 0,9 a 1,12 kg/cm² en la campaña 1999-2000 y Vargas Fernández (2003) 1,35 1,12 kg/cm². Todos estos ensayos ponen de manifiesto la elevada firmeza del tomate cv. Amilda obtenida en nuestro estudio (4,04 – 4,43 kg/cm² en biofumigación y 4,05 – 4,31 kg/cm² en biosolarización).

Valores de firmeza mínimos en la comercialización del tomate (Riquelme, 2001), en los que se considera la disminución de la firmeza desde la recolección hasta que estos estén a disposición del consumidor concluyen en campo 3 kg/cm², mercado mayorista 2 kg/cm² y para el consumidor (en casa) 0,7 kg/cm².

Tabla 34. Firmeza (Kg/cm²) del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección sin solarización (Biofumigación) y con solarización (Biosolarización). Diferentes letras denotan diferencia estadística al 95% de confianza para el Test de diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD).

Biofumigación	DDT				Promedio
	96	117	138	166	
T ₀ =Testigo	2,93±0,96a	4,69±1,33b	4,74±1,41a	5,38±1,40a	4,43±1,59a
T ₁ =Biofence 0,3 Kg/ m ²	2,97±0,73a	5,29±1,56a	4,68±1,65a	4,70±1,52b	4,41±1,66a
T ₂ =Brassicac 0,8 Kg/ m ²	2,63±0,70b	4,34±1,36b	4,23±1,36a	4,98±1,58ba	4,04±1,55b
T ₃ =T ₂ + Gallinaza 0,15 Kg/ m ²	2,97±0,87a	4,61±1,31b	4,26±1,63a	5,04±1,75ba	4,17±1,60ba
T ₄ =T ₁ + Biolimp	3,08±0,80a	4,74±1,49b	4,24±1,46a	5,05±1,69ba	4,28±1,58ba
p-valor	0,0001*	0,0000*	0,0060*	0,0183*	0,0004*
Biosolarización	96	117	138	166	Promedio
T _{0p} =Testigo	2,83±0,89c	4,66±1,41ba	4,54±1,15a	4,72±1,48	4,19±1,48
T _{1p} =Biofence 0,3 Kg/ m ²	2,78±0,78c	4,45±1,46ba	4,41±1,37ba	5,03±1,28	4,17±1,50
T _{2p} =Brassicac 0,8 Kg/ m ²	3,11±0,86ba	4,29±1,29b	3,95±1,59b	4,83±1,56	4,05±1,49
T _{3p} =T ₂ + Gallinaza 0,15 Kg/ m ²	3,30±0,81a	4,82±1,52a	4,44±1,53a	4,67±1,60	4,31±1,52
T _{4p} =T ₁ + Biolimp	2,93±0,83cb	4,48±1,50ba	4,60±1,23a	4,72±1,73	4,18±1,55
p-valor	0,0000*	0,0278*	0,0017*	0,3264	0,1166

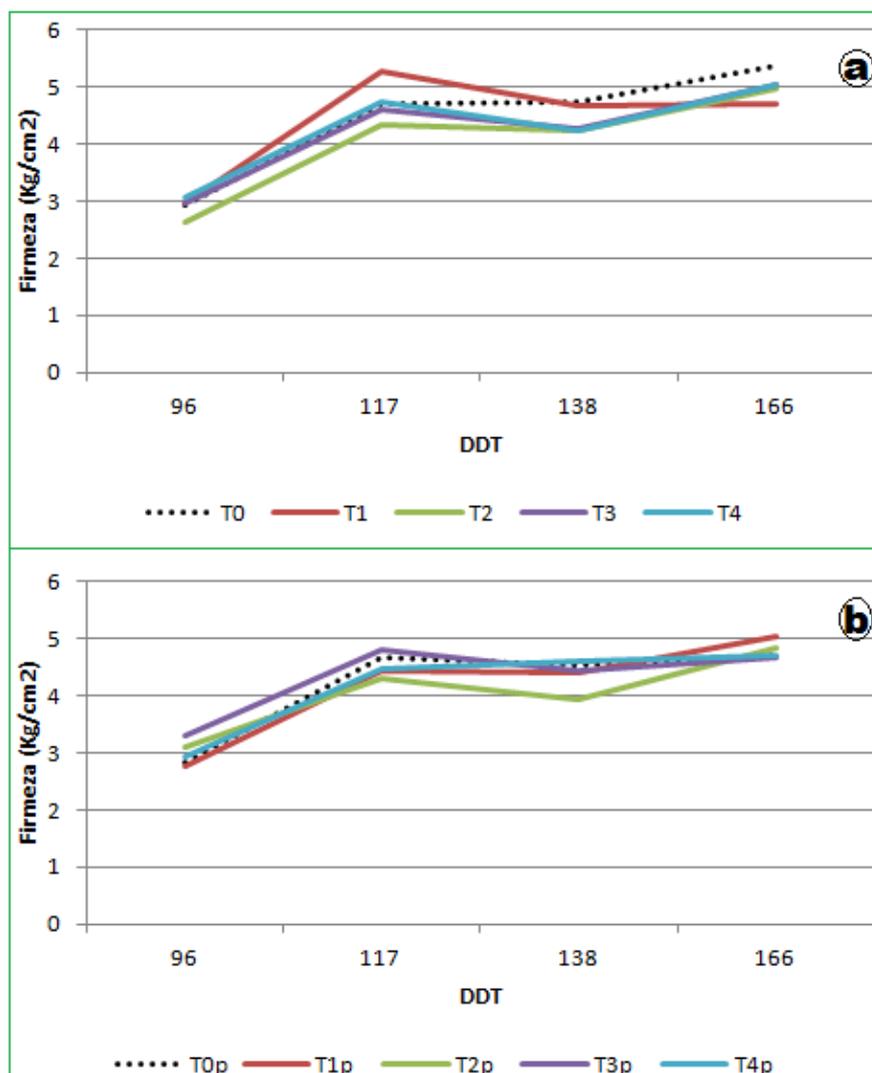


Figura 100. Evolución la firmeza (Kg/cm^2) a lo largo del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección sin solarización (a) (T₀:Testigo, T₁:Biofence $0,3\text{Kg m}^{-2}$, T₂:Brassicas $0,8\text{ Kg m}^{-2}$, T₃: T₂+Gallinaza $0,15\text{ Kg m}^{-2}$, T₄: T₁+Biolimp) y con solarización (b) (T_{0p}:Testigo, T_{1p}:Biofence $0,3\text{Kg m}^{-2}$, T_{2p}:Brassicas $0,8\text{ Kg m}^{-2}$, T_{3p}: T₂+Gallinaza $0,15\text{ Kg m}^{-2}$, T_{4p}: T₁+Biolimp).

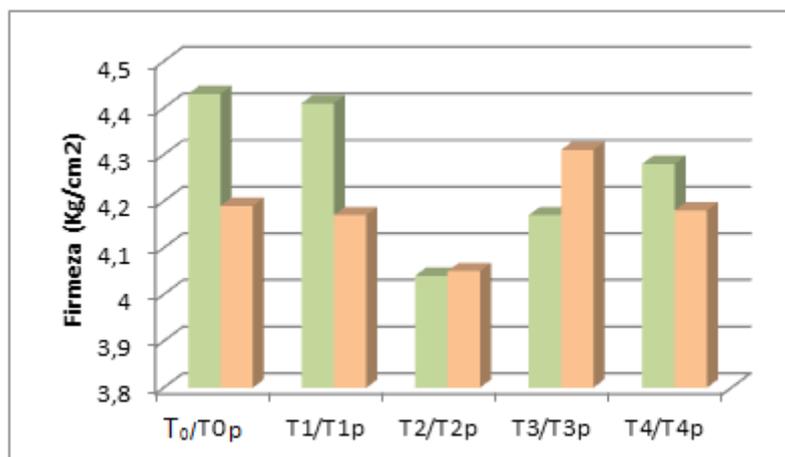


Figura 101. Firmeza (Kg/cm^2) promedio del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección con y sin solarización; Biofumigación (verde) y Biosolarización (naranja).

4.8.2. Firmeza en función de las técnicas de desinfección empleadas.

La tabla 35 muestra los resultados del estudio de la firmeza en función de las técnicas de desinfección.

Considerando las diferentes técnicas de desinfección (figura 102), se produjo un aumento generalizado en la firmeza hasta la segunda fecha de estudio, a partir de la cual y con excepción del testigo (el cual creció ligeramente) se produjo una constancia en la dureza de los frutos hasta final de ciclo. Las diferencias son significativas (tabla 35) en todos los días de estudio exceptuando el segundo, donde con 3,03 Kg/cm² la biosolarización es el que produce frutos con mayor firmeza para 96 DDT, aunque el análisis de la varianza realizado determina diferencia estadísticamente significativa para un 95% de confianza (P-valor < 0,05), entre las distintas técnicas de desinfección empleadas, el test de rangos múltiples empleado (HSD) no nos muestra dicha diferencia. En el segundo caso correspondiente a frutos cosechados 138 DDT, el testigo con 4,74 Kg/cm² es el que produce frutos con mayor firmeza, las diferencias son significativas en comparación con la Biosolarización y Biofumigación. Para el último ensayo correspondiente a frutos cosechados 166 DDT el testigo es el que produce frutos con mayor firmeza, 5,38 Kg/cm², donde las diferencias son significativas en comparación con la solarización, biofumigación y biosolarización. Al considerar los valores promedio, los frutos obtenidos del testigo con una firmeza de 4,43 Kg/cm², fueron los que mayor firmeza mostraron, presentando diferencias estadísticamente significativas con las parcelas biofumigadas y biosolarizadas. A continuación, los frutos obtenidos en biofumigación tuvieron una firmeza de 4,23 Kg/cm², mientras que los obtenidos en solarización fueron los que menor firmeza obtuvieron con 4,19 Kg/cm².

Fernández, 2003, obtuvo diferencias significativas en los datos obtenidos de firmeza cuando ensayaba los efectos del compost como abonado de fondo y alternativa al estiércol en suelo arenado y cultivo de tomate c.v. pitenza bajo invernadero, donde la firmeza media fue de 3,96 Kg/cm², ligeramente inferior a la obtenida en nuestro ensayo 4,25 Kg/cm².

Los valores obtenidos en el ensayo coinciden con el intervalo de valores de firmeza obtenidos según un estudio (Batu, 2003) sobre la determinación de valores aceptables en firmeza para tomate.

Tabla 35. Firmeza (Kg/cm²) del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de las técnicas de desinfección empleadas con y sin solarización. Diferentes letras denotan diferencia estadística al 95% de confianza para el Test de diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD).

Tratamiento	DDT				Promedio
	96	117	138	166	
Testigo	2,93±0,91a	4,69±1,33ba	4,74±1,41a	5,38±1,40a	4,43±1,57a
Solarización	2,83±0,89a	4,65±1,41ba	4,54±1,45ba	4,72±1,48b	4,19±1,48ba
Biofumigación	2,91±0,79a	4,75±1,47a	4,35±1,54b	4,91±1,63b	4,23±1,60b
Biosolarización	3,03±0,84a	4,51±1,45b	4,35±1,46b	4,81±1,56b	4,17±1,52b
p-valor	0,0330*	0,0688	0,0292*	0,0014*	0,0108*

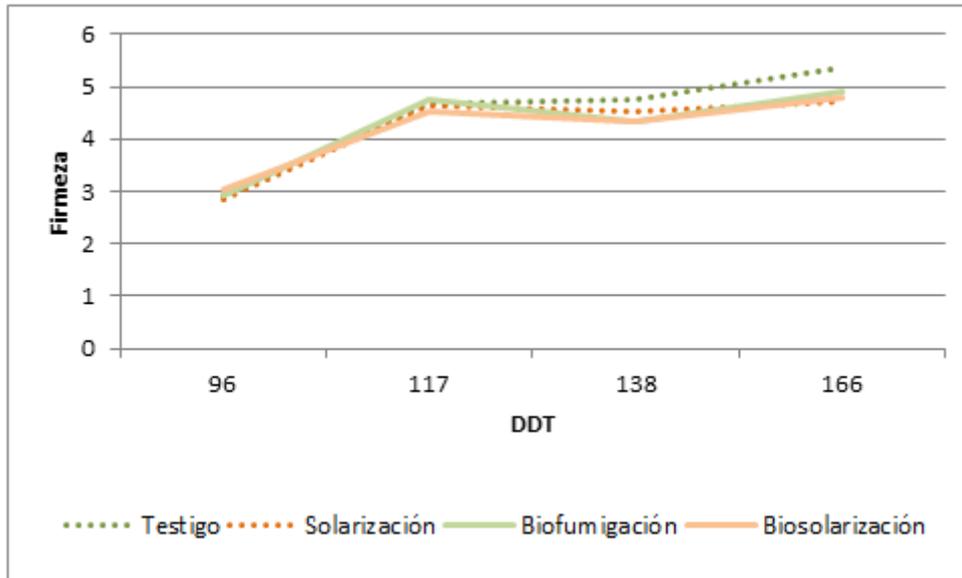


Figura 102. Evolución de la firmeza (Kg/cm^2) del fruto comercial de tomate cv. Amilda a lo largo del ciclo de cultivo en función de las técnicas de desinfección empleadas.

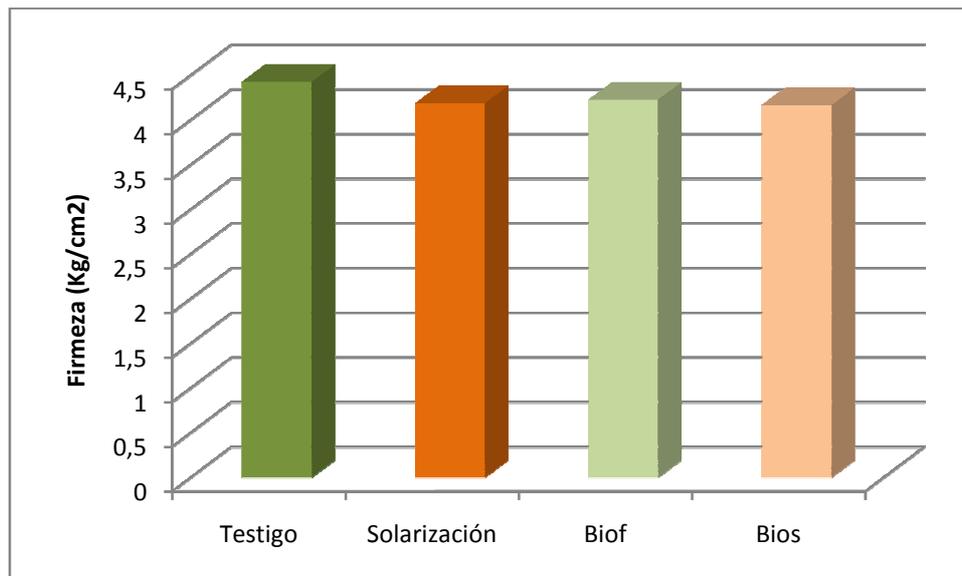


Figura 103. Firmeza (Kg/cm^2) promedio del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de las técnicas de desinfección empleadas; Biofumigación (biof), biosolarización (bios), testigo y solarización.

4.9. Contenido en sólidos solubles (°Brix).

4.9.1. Contenido en sólidos solubles en función de los tratamientos realizados.

La tabla 36, muestra los resultados obtenidos en el estudio del contenido en sólidos solubles (°Brix) del fruto realizado para los distintos tratamientos en biofumigación y biosolarización.

Los diferentes tratamientos en biofumigación (figura 104a), presentan una relativa constancia a lo largo del ciclo de cultivo, destacando el tratamiento con 0,8 Kg de Brassicas (T_2) como el que obtiene frutos con menor contenido en sólidos solubles durante todo el ensayo, finalizando el ciclo junto al tratamiento con Biofence® + Biolimp (T_4) obteniendo mayor contenido en sólidos solubles que el resto. Las diferencias son significativas ($p < 0,05$) en todos los días de cosecha exceptuando el segundo, siendo para 96 DDT, mayor los frutos obtenidos del testigo con 5,59 °Brix, donde las diferencias son significativas en comparación con el tratamiento con 0,8 Kg de Brassicas (T_2) pero no con los frutos obtenidos del resto de tratamientos. En el ensayo correspondiente a 138 DDT con 4,44 °Brix, se obtuvo mayor contenido en sólidos solubles en el testigo y tratamientos con 0,3 kg de Biofence® (T_1), 0,15 Kg de Brassicas + Gallinaza (T_3) y Biofence + Biolimp (T_4), siendo las diferencias estadísticamente significativas con respecto a T_2 . En el último ensayo, correspondiente a 166 DDT los frutos obtenidos en el tratamiento con 0,8 Kg de Brassicas (T_2) y en el tratamiento con Biofence® + Biolimp (T_4) con 4,44 °Brix obtuvieron valores mayores, donde las diferencias son significativas en comparación con el tratamiento T_1 pero no con los frutos obtenidos del testigo y del tratamiento T_3 . Al considerar los valores promedio de los distintos análisis realizados (Tabla 36), los frutos obtenidos del tratamiento Biofence® + Biolimp (T_4) junto al testigo con un contenido en sólidos solubles de 4,5 °Brix, fueron los que mayor contenido en sólidos solubles mostraron, presentando diferencias estadísticamente significativas con T_2 . A continuación, los frutos obtenidos en el tratamiento T_1 y T_3 tuvieron un valor de °Brix de 4,4 mm.

Los diferentes tratamientos en biosolarización (figura 104b), comenzaron siendo similares, produciéndose un ligero descenso en los valores de °Brix hasta el último día de estudio. Se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) en todos los días de estudio excepto en el segundo (117 DDT), siendo mayor en los frutos obtenidos con 0,15 Kg de Brassicas + Gallinaza (T_{3p}) (4,7 °Brix) en el primer día (96 DDT), tratamiento de Biofence + Biolimp (T_{4p}) en el tercero (4,7 °Brix) (138 DDT) y T_{1p} , T_{3p} y T_{4p} en el último (4,5 °Brix) (166 DDT). En el primer análisis, correspondiente a frutos cosechados 96 DDT, las diferencias son significativas en comparación con T_1 , y no difiere con el testigo y resto de tratamientos (T_{2p} y T_{4p}) y con el testigo. En el tercer análisis, correspondiente a frutos cosechados 138 DDT, las diferencias son significativas en comparación con el testigo y los tratamientos T_{1p} y T_{3p} pero no con los frutos obtenidos del tratamiento T_{2p} . Para 166 DDT, las diferencias son significativas en comparación con el testigo, pero no con los frutos obtenidos del tratamiento T_{2p} . Al considerar los valores promedio obtenidos de los distintos análisis realizados (Tabla 36), los frutos de los tratamientos T_{2p} y T_{3p} , con un contenido en sólidos solubles de 4,5 °Brix fueron los que mayor valor de °Brix mostraron, presentando a su vez diferencias significativas con el resto de tratamientos T_{1p} , T_{2p} y T_{3p} .

En este sentido Ruiz, 2005, obtuvo diferencias significativas en cuanto a los sólidos solubles totales obtenidos cuando ensayaba los efectos de distintos tipos de compost, como abonado de fondo, en suelo arenado sobre la producción y calidad en tomate cv. Pitenza. Del mismo modo, Fernández, 2003, obtuvo diferencias significativas en los °Brix obtenidos cuando ensayaba los efectos del compost como

abonado de fondo y alternativa al estiércol en suelo arenado y cultivo de tomate c.v. pitenza bajo invernadero.

Tabla 36. Contenido en sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección sin solarización (Biofumigación) y con solarización (Biosolarización). Diferentes letras denotan diferencia estadística al 95% de confianza para el Test de diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD).

DDT					
Biofumigación	96	117	138	166	Promedio
T ₀ =Testigo	4,6±0,4a	4,7±0,6	4,4±0,5a	4,2±0,6ba	4,5±0,6a
T ₁ =Biofence 0,3 Kg/ m ²	4,4±0,3ba	4,7±0,4	4,4±0,5a	3,9±0,7b	4,4±0,6ba
T ₂ =Brassicac 0,8 Kg/ m ²	4,3±0,4b	4,5±0,5	4,0±0,6b	4,4±0,5a	4,3±0,5b
T ₃ =T ₂ + Gallinaza 0,15 Kg/ m ²	4,4±0,4ba	4,7±0,5	4,4±0,4a	4,2±0,7ba	4,4±0,6ba
T ₄ =T ₁ + Biolimp	4,5±0,4ba	4,7±0,6	4,4±0,5a	4,4±0,6a	4,5±0,5a
p-valor	0,0396*	0,1466	0,0004*	0,0041*	0,0028*
Biosolarización	96	117	138	166	Promedio
T _{0p} =Testigo	4,4±0,4ba	4,6±0,6	4,3±0,5b	3,7±0,8b	4,2±0,7c
T _{1p} =Biofence 0,3 Kg/ m ²	4,2±0,5b	4,6±0,6	4,2±0,5b	4,5±0,7a	4,4±0,5cb
T _{2p} =Brassicac 0,8 Kg/ m ²	4,6±0,4a	4,5±0,6	4,4±0,6ba	4,3±0,5a	4,5±0,5ba
T _{3p} =T ₂ + Gallinaza 0,15 Kg/ m ²	4,7±0,3ba	4,5±0,6	4,3±0,4b	4,5±0,7a	4,5±0,5ba
T _{4p} =T ₁ + Biolimp	4,5±0,4ba	4,7±0,5	4,7±0,6a	4,5±0,6a	4,6±0,5a
p-valor	0,0028*	0,3988	0,0006*	0,0000*	0,0000*

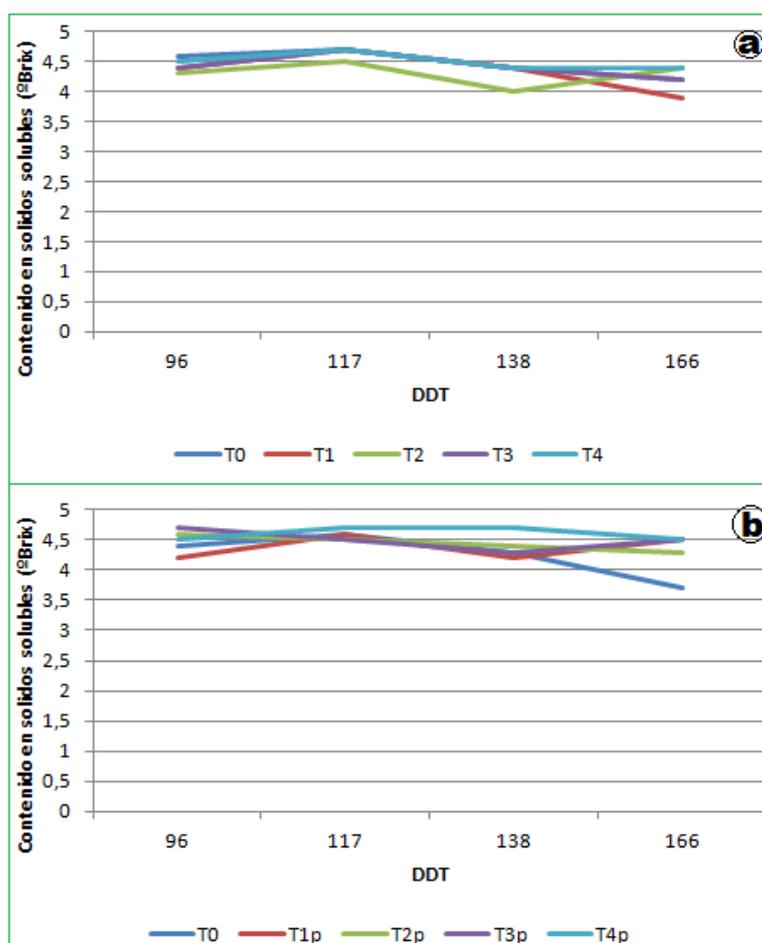


Figura 104. Contenido en sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) a lo largo del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección sin solarización (a) (T₀:Testigo, T₁:Biofence 0,3Kg m⁻², T₂:Brassicac 0,8 Kg m⁻², T₃: T₂+Gallinaza 0,15 Kg m⁻², T₄: T₁+Biolimp) y con solarización (b) (T_{0p}:Testigo, T_{1p}:Biofence 0,3Kg m⁻², T_{2p}:Brassicac 0,8 Kg m⁻², T_{3p}: T₂+Gallinaza 0,15 Kg m⁻², T_{4p}: T₁+Biolimp).



Figura 105. Contenido en sólidos solubles (°Brix) promedio del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección con y sin solarización; Biofumigación (verde) y Biosolarización (naranja).

4.9.2. Contenido en sólidos solubles en función de las técnicas de desinfección empleadas.

La tabla 37 muestra los resultados del estudio del contenido en sólidos solubles (°Brix), en función de las técnicas de desinfección empleadas.

Considerando las diferentes técnicas de desinfección (figura 106) a lo largo del ciclo fue semejante en todos los casos produciéndose una relativa constancia en sus valores, destacando el ligero descenso en contenido en sólidos solubles que obtuvo la solarización en el último día de estudio, superado por el testigo, el cual obtuvo unos valores superiores al resto durante los ensayos 96 DDT, 117DDT y 138DDT). Las diferencias son significativas (tabla 37) en el último día de estudio (166 DDT), donde con 4,46 °Brix la biosolarización es el que produce frutos con mayor contenido en sólidos solubles existiendo diferencias significativas en comparación con la solarización y biofumigación, pero no con los frutos obtenidos del testigo. Al considerar los valores promedio, los frutos obtenidos del testigo, con un contenido en sólidos solubles de 4,5 °Brix, fueron los que mayor valor en °Brix, mostrando diferencias estadísticamente significativas con la solarización. A continuación, los frutos obtenidos en biosolarización, con un contenido en sólidos solubles de 4,48 °Brix, mientras que los obtenidos en la solarización fueron los que menor °Brix obtuvieron con 4,24 °Brix.

Según estudios recientes basados en la evaluación rápida de parámetros de calidad en el procesamiento de tomates utilizando espectrómetros infrarrojos portátiles y de sobremesa y análisis multivariado (Elizabeth *et al.*, 2013), concluyen sus ensayos con valores en contenido en sólidos solubles comprendidos entre 3,5 – 6,7; entre los cuales se encuentran los valores obtenidos en nuestro ensayo.

Para Aguayo y Artés, 2004, para clasificar los tomates y de este modo obtener tomates “extra”, de calidad organoléptica garantizada deberían tener un rango de variación entre 4 y 6 °Brix, valores entre los que se encuentran comprendidos los de nuestro ensayo.

Tabla 37. Contenido en sólidos solubles (°Brix) del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de las técnicas de desinfección empleadas. Diferentes letras denotan diferencia estadística al 95% de confianza para el Test de diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD).

Tratamiento	DDT				Promedio
	96	117	138	166	
Testigo	4,59±0,42	4,77±0,65	4,44±0,52	4,18±0,58ba	4,50±0,59a
Solarización	4,38±0,40	4,57±0,59	4,30±0,53	3,71±0,77c	4,24±0,67b
Biofumigación	4,41±0,41	4,66±0,53	4,31±0,54	4,22±0,67b	4,40±0,57a
Biosolarización	4,43±0,41	4,60±0,58	4,42±0,56	4,46±0,62a	4,48±2,55a
<i>p</i> -valor	0,0521	0,2331	0,1626	0,0000*	0,0000*

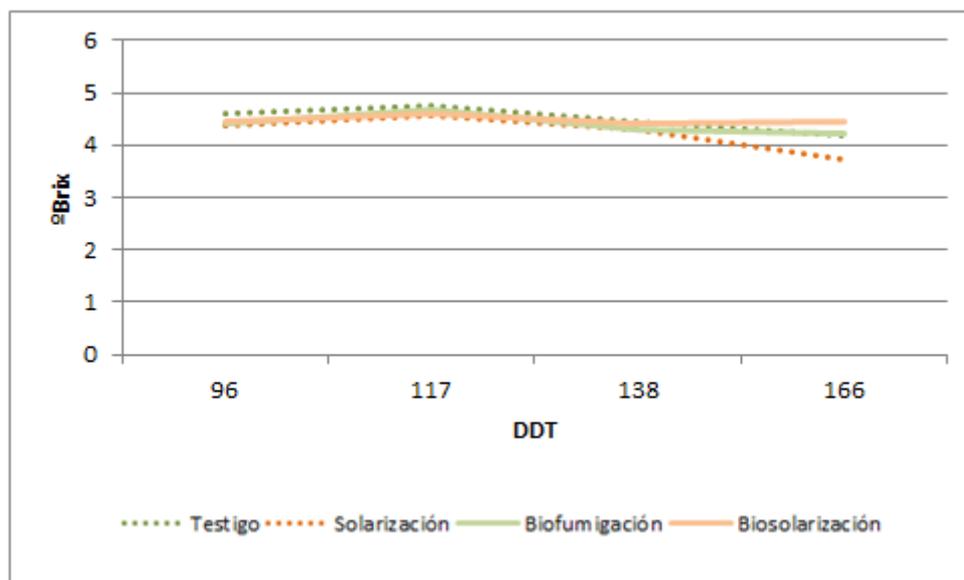


Figura 106. Evolución del contenido en sólidos (°Brix) solubles del fruto comercial de tomate cv. Amilda a lo largo del ciclo de cultivo en función de las técnicas de desinfección empleadas.

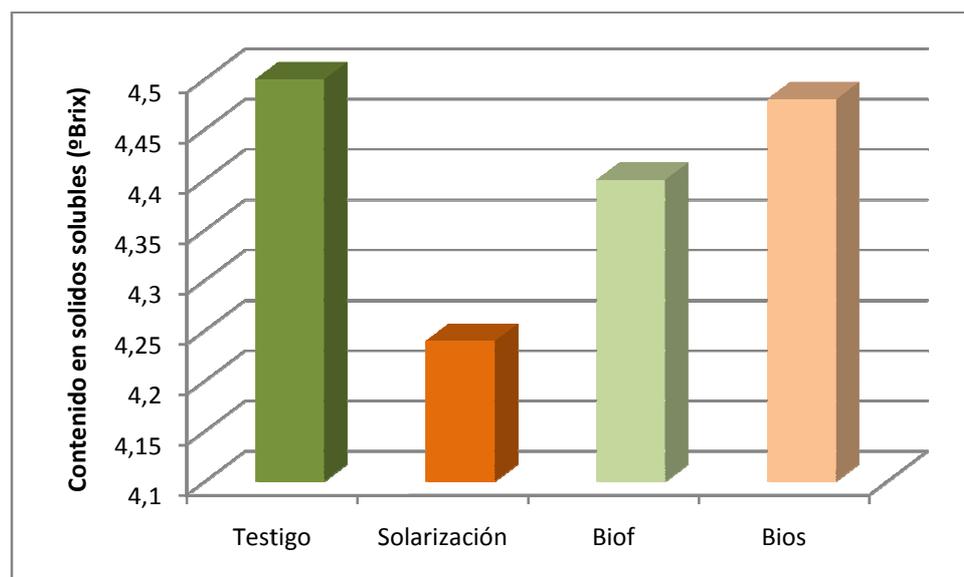


Figura 107. Contenido en sólidos solubles (°Brix) promedio del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de las técnicas de desinfección empleadas; Biofumigación (biof), biosolarización (bios), testigo y solarización.

4.10. pH.

4.10.1. pH en función de los tratamientos realizados.

La tabla 38, muestra los resultados obtenidos en el estudio del pH del fruto realizado para los distintos tratamientos en biofumigación y biosolarización.

Considerando los diferentes tratamientos en biofumigación (figura 108a), comenzó el ciclo de cultivo con valores elevados de pH para que en la segunda fecha de estudio (DDT 117) descendieran todos en torno a un mismo valor. En la siguiente cosecha se obtuvieron frutos menos ácidos. El cultivo finalizó con valores muy parecidos a los obtenidos para 117 DDT. Las diferencias son significativas ($p < 0,05$) en el último análisis realizado, obteniendo frutos más ácidos por parte del testigo (pH = 3,69). Las diferencias son significativas en comparación con el tratamiento con 0,8 Kg de Brassicas (T_2) pero no con los frutos obtenidos del resto de tratamientos (0,3 kg de Biofence® (T_1), 0,15 Kg de Brassicas + Gallinaza (T_3) y Biofence® + Biolimp (T_4). Al considerar los valores promedio de los distintos análisis realizados (Tabla 38), los frutos obtenidos del tratamiento con 0,8 Kg de Brassicas (T_2), con un pH de 3,95 fueron los que mayor acidez mostraron, presentando diferencias estadísticamente significativas con el testigo y tratamientos T_1 y T_4 pero no con los obtenidos por el tratamiento T_3 . A continuación, los frutos obtenidos en el tratamiento con 0,15 Kg de Brassicas + Gallinaza (T_3) tuvieron un pH de 3,90 kg/cm²

Considerando los diferentes tratamientos en biosolarización (figura 108b), el tratamiento con 0,3 kg de Biofence® (T_{1p}), comenzó siendo superior al resto de tratamientos. Posteriormente se obtuvieron valores relativamente cercanos al resto de tratamientos y finalmente el testigo produjo frutos con pH más ácidos. Se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) en todos los análisis realizados, excepto el segundo, siendo mayor en los frutos obtenidos con 0,3 kg de Biofence® (T_{1p}) en el primer análisis (96 DDT), los frutos obtenidos en el testigo para 138 DDT y los frutos obtenidos con 0,8 Kg de Brassicas (T_{2p}) para el último análisis los frutos obtenidos del tratamiento Biofence® + Biolimp (T_{4p}) (166 DDT). En el primer análisis, correspondiente a frutos cosechados 96 DDT, las diferencias son significativas en comparación con el testigo y tratamientos T_{2p} , pero no con los obtenidos por el tratamiento T_{3p} y T_{4p} . Para el segundo caso correspondiente a frutos cosechados 138 DDT las diferencias son significativas en comparación con el tratamiento T_4 , pero no con los obtenidos por los tratamientos T_{1p} , T_{2p} y T_{3p} . Y para el último análisis, correspondiente a frutos cosechados 166 DDT, las diferencias son significativas en comparación con el testigo y resto de tratamientos T_{1p} , T_{3p} y T_{4p} . Al considerar los valores promedio (tabla 38) no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, el tratamiento de Biofence® + Biolimp (T_{4p}) con un valor de pH de 3,85, fue el que dio lugar a frutos más ácidos.

Tanto en biofumigación como en biosolarización, en el ensayo realizado por Vargas Fernández (2003) en tomate larga vida obtuvo un intervalo de pH de 4,07 a 4,11, al comparar con nuestros resultados, observamos que se obtuvieron valores inferiores a los obtenidos en este ensayo.

Tabla 38. pH del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección sin solarización (Biofumigación) y con solarización (Biosolarización). Diferentes letras denotan diferencia estadística al 95% de confianza para el Test de diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD).

DDT					
Biofumigación	96	117	138	166	Promedio
T ₀ =Testigo	4,05±0,16	3,73±0,15	3,90±0,1	3,69±0,14b	3,84±0,21b
T ₁ =Biofence 0,3 Kg/ m ²	4,02±0,20	3,77±0,15	3,98±0,20	3,75±0,17b	3,88±0,22b
T ₂ =Brassicac 0,8 Kg/ m ²	4,11±0,17	3,81±0,16	3,97±0,15	3,89±0,18a	3,95±0,20a
T ₃ =T ₂ + Gallinaza 0,15 Kg/ m ²	4,03±0,21	3,75±0,19	4,00±0,20	3,78±0,19b	3,90±0,23ba
T ₄ =T ₁ + Biolimp	4,02±0,17	3,73±0,16	4,00±0,20	3,71±0,15b	3,87±0,22b
p-valor	0,1098	0,0659	0,4057	0,0000*	0,0005*
Biosolarización	96	117	138	166	Promedio
T _{0p} =Testigo	4,03±0,25b	3,75±0,14	4,05±0,16a	3,70±0,14c	3,88±0,23
T _{1p} =Biofence 0,3 Kg/ m ²	4,17±0,21a	3,75±0,15	3,96±0,20ba	3,74±0,12cb	3,91±0,25
T _{2p} =Brassicac 0,8 Kg/ m ²	4,03±0,20b	3,73±0,18	3,96±0,13ba	3,89±0,18a	3,90±0,21
T _{3p} =T ₂ + Gallinaza 0,15 Kg/ m ²	4,04±0,26ba	3,74±0,20	3,95±0,15ba	3,79±0,15b	3,88±0,23
T _{4p} =T ₁ + Biolimp	4,05±0,19ba	3,68±0,20	3,92±0,14b	3,74±0,11cb	3,85±0,22
p-valor	0,0198*	0,2530	0,0075*	0,0000*	0,1528

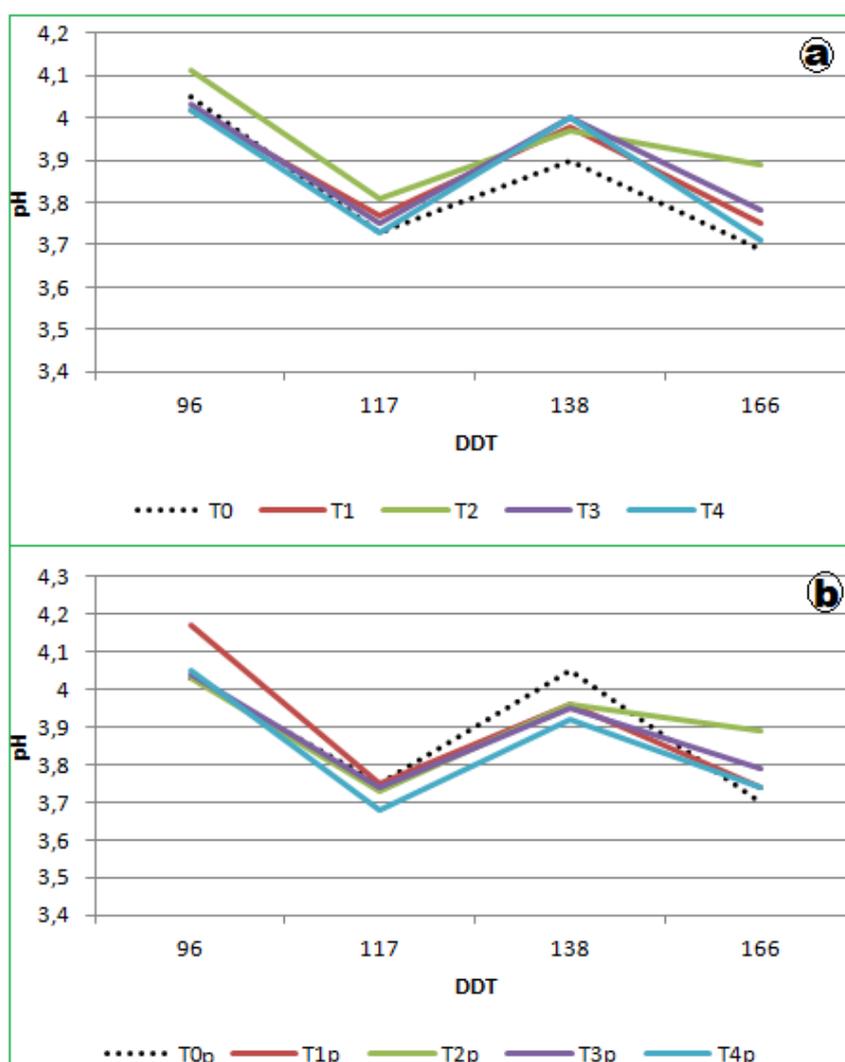


Figura 108. pH a lo largo del ciclo de cultivo de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección sin solarización (a) (T₀:Testigo, T₁:Biofence 0,3Kg m⁻², T₂:Brassicac 0,8 Kg m⁻², T₃: T₂+Gallinaza 0,15 Kg m⁻², T₄: T₁+Biolimp) y con solarización (b) (T_{0p}:Testigo, T_{1p}:Biofence 0,3Kg m⁻², T_{2p}:Brassicac 0,8 Kg m⁻², T_{3p}: T₂+Gallinaza 0,15 Kg m⁻², T_{4p}: T₁+Biolimp).

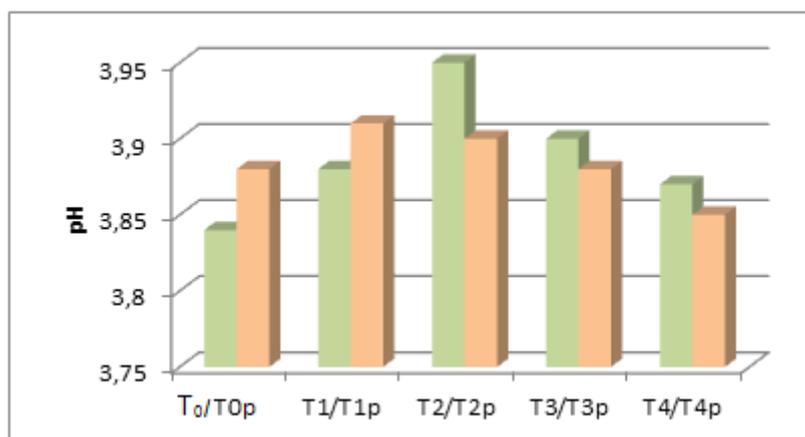


Figura 109. pH promedio del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de los diferentes tratamientos de biodesinfección con y sin solarización; Biofumigación (verde) y Biosolarización (naranja).

4.10.2. pH en función de las técnicas de desinfección empleadas.

La tabla 39 muestra los resultados del estudio del pH en función de las técnicas de desinfección empleadas.

Considerando las diferentes técnicas de desinfección (figura 110) a comienzos de ciclo se obtuvieron los frutos más ácidos de la campaña. A partir del primer estudio se produjo un descenso general en la acidez de los frutos hasta la segunda fecha de muestreo en torno a un valor de pH de 3,74. El ciclo finalizó con los testigos como los que produjeron frutos más ácidos. Las diferencias son estadísticamente significativas (tabla 39) en el tercer y último día de estudio (138 y 166 DDT) donde con un pH de 4,05 la solarización es el que produce frutos con mayor acidez en el análisis realizado con frutos cosechados 138 DDT, siendo las significativas en comparación con el testigo y la biosolarización. En el segundo caso correspondiente a frutos cosechados 166 DDT, la biosolarización con pH=3,79 es el que produce frutos con mayor acidez donde las diferencias son significativas en comparación con el testigo y la solarización. Al considerar los valores promedio, los frutos obtenidos en las parcelas biofumigadas, con un pH de 3,90 fueron los que mayor valor de pH mostraron presentando diferencias estadísticamente significativas con los frutos obtenidos de las parcelas testigo. A continuación, los frutos obtenidos en biosolarización y solarización tuvieron un valor de acidez de fruto semejante, pH = 3,88.

Según estudios recientes basados en la evaluación rápida de parámetros de calidad en el procesamiento de tomates utilizando espectrómetros infrarrojos portátiles y de sobremesa y análisis multivariado (Elizabeth *et al.*, 2013), obtienen valores de pH comprendidos entre 4,22 - 4,87, superiores a los obtenidos en nuestro ensayo. Sin embargo, otros ensayos producen un mantenimiento del pH en todo el ciclo de cultivo en pimiento (Fernández *et al.*, 2004; 2004a; 2004b; Garveba *et al.*, 2004).

Aguayo y Artés, (2004), clasifican los tomates según calidad y de este modo obtienen tomates "extra" (de calidad organoléptica garantizada) en un rango de variación de pH entre 4 y 5, intervalo ligeramente superior al obtenido en nuestro ensayo.

Ruiz(2005) no observó diferencias significativas en el pH obtenido cuando ensayaba los efectos de distintos tipos de compost, como abonado de fondo, en suelo arenado sobre la producción y calidad en tomate cv. Pitenza

Tabla 39. pH del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de las técnicas de desinfección empleadas. Diferentes letras denotan diferencia estadística al 95% de confianza para el Test de diferencias honestamente significativas de Tukey (HSD).

Tratamiento	DDT				Promedio
	96	117	138	166	
Testigo	4,05±0,16	3,73±0,15	3,90±0,16c	3,69±0,14b	3,84±0,21
Solarización	4,03±0,25	3,75±0,14	4,05±0,18a	3,70±0,14b	3,88±0,23
Biofumigación	4,05±0,19	3,76±0,17	3,99±0,19ba	3,78±0,19a	3,90±0,22
Biosolarización	4,07±0,22	3,72±0,18	3,95±0,16cb	3,79±0,15a	3,88±0,23
<i>p</i> -valor	0,5277	0,0914	0,0005*	0,0002*	0,0614

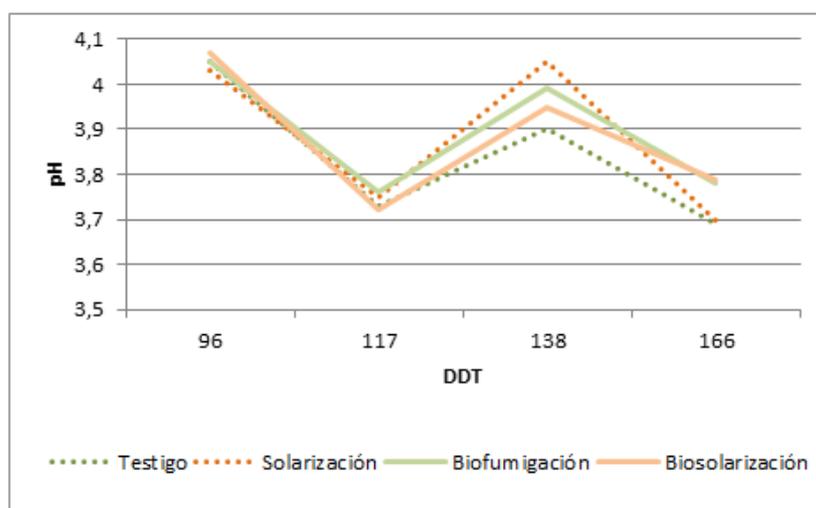


Figura 110. Evolución del pH del fruto comercial de tomate cv. Amilda a lo largo del ciclo de cultivo en función de las técnicas de desinfección empleadas.

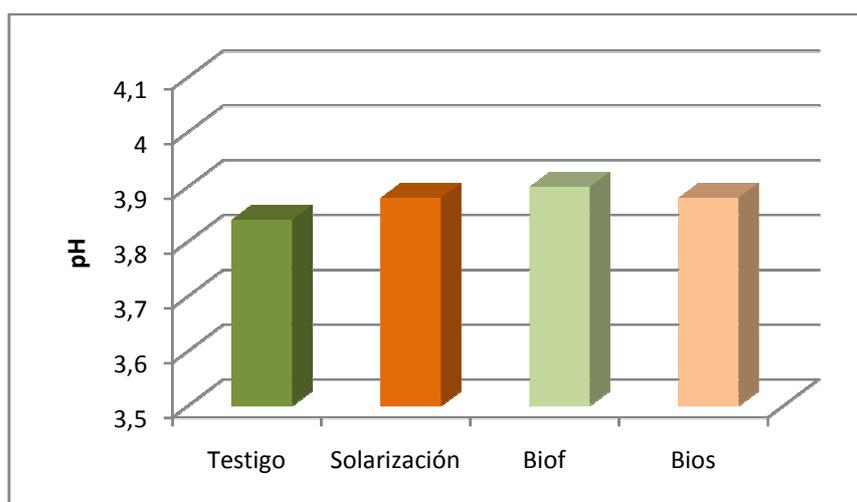


Figura 111. pH promedio del fruto comercial de tomate cv. Amilda en función de las técnicas de desinfección empleadas; Biofumigación (biof), biosolarización (bios), testigo y solarización.

5. CONCLUSIONES.

Los resultados manifiestan que los tratamientos solarizados mostraron mayor producción, independiente de haber adicionado o no materia orgánica. Este incremento de producción se debe, principalmente, al mayor número de frutos producidos en las parcelas solarizadas en comparación con las no solarizadas. Por otro lado, ninguna de las materias orgánicas presenta diferencias frente al testigo, esto podría deberse a la cantidad de nutrientes almacenados en el suelo por cosechas anteriores.

La calidad del fruto de tomate es independiente de la técnica de desinfección empleada. La materia orgánica si influye en la calidad del fruto de tomate, sin embargo, los resultados no son consistentes en favor de ninguna de las diferentes materias orgánicas empleadas en el ensayo. Tan solo resaltar el caso de las Brassicas deshidratadas adicionadas mediante biofumigación, que reportó de manera significativa mayor calibre y acidez del fruto frente al testigo, mientras que la firmeza del mismo fue significativamente inferior.

6. BIBLIOGRAFÍA.

- Adams, P.** 1980. Nutrient uptake by cucumbers from recirculating solutions. *Acta Horticulturae*. 98: 119-126.
- Adams, P.; Ho, L.C.** 1992. The susceptibility of modern tomato cultivars to blossom-end rot in relation to salinity. *J. Hort. Sci.* 67:827-839.
- Adriana Bustamante A., Reybet, G., Bucki, P., Suarez, A. y Alberto Escande.** 2003. Efecto de la solarización sobre malezas de tomate en el alto valle rio negro y Neuquén. *Agrosur*, Vol. 31 N°2, pp. 15-23
- Aguayo, E. y Artés, F.** 2004. Elaboración del tomate mínimamente procesado en fresco. *Compendios de Horticultura*. 15. Ediciones de Horticultura S.L. Reus (España).
- Albucio, A., Conchero, G., Nardo, S., Dellángola, G.** 1994. Effect of humic fractions of different molecular size on the development of oat seeding growing varied nutritional conditions. In: *SE_SEI, T. M. MIA_O* (Eds.). *Humic substances in the global environment and implications on human health*. Elsevier Science. B.
- Albu-Yaron, A.; Feigin, A.; Rylski, I.** 1993. "The quality of tomato for canning as affected by combined chloride, nitrate and osmotic potential of the nutrient solution". *Plant Food for Human Nutrition*. 43: 201-210.
- Almendros, G. y Polo A.,** 1982.- Contribución al estudio de la influencia de los incendios forestales en las características de la materia orgánica del suelo. II: Transformaciones del humus por ignición en condiciones controladas en laboratorio. *Rev. Eol. BioLSol.*, 21 : 145-160.
- Archbold, DD.; Dennis, F.G.; Flore, J.A.** 1982. Accumulation of labeled material from foliar applied sucrose by tomato ovaries during fruit set and initial development. *J. Amer. Soc. Hor. Sci.*, 107: 19-23.
- Artes, F., Conesa, M. A., Harnandez, S., & Gil, M. I.** 1999. Keeping quality of fresh-cut tomato. *Postharvest Biology and technology*, 17, 153–162.
- Badia, D.,** 1991. La materia orgánica en suelos de zonas semiáridas: Caracterización, descomposición e influencia sobre las propiedades biológicas. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. 221 pp.
- Bakker, J.C.** 1990. Effects of day and night humidity on yield and fruit quality of glasshouse tomatoes. *J. Hort. Sci* 65: 323-331.
- Barón, R., Benitez, I. C., Gonzalez, J. L.** 1995. Influencia de la dosis creciente de un abono orgánico en un cultivo de trigo. *Agrochimica* XXXIX, 5-6; 280-289. En: <http://www.cervantesvirtual.com/FichaObra.html?Ref=3979&ext=pdf>.
- Barres M.T.** 2006. La eliminación del bromuro de metilo en protección de cultivos como modelo mundial para la conservación del medio ambiente. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 515 pp.

- Batu, A.**, 2004. Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. *Journal of Food Engineering* 61: 471–475
- Bello, L., Gallucci, M., Fava, M., Carrabba, G., Giussani, C., Acerbi, F., Baratta, P., Songa, V., Conte, V., Branca, V.** 2007. Biofumigation and integrated pest management. 60 (1), 67–80 (discussion 80–2).
- Bello, A.; González, J. A. y Tello, J.** 1998: La biofumigación como alternativa a la desinfección del suelo, *Horticultura Internacional*, 17, 41-43.
- Belli-Donini ML, Stornaiuolo MR.** 1986 Pectin changes in the ripening of irradiated and stored tomatoes. *J FoodSci* 34: 509-514.
- Bellapart Vilá, C.** 1988. *Agricultura Biológica en equilibrio con la química. Fertilización natural la agricultura del futuro.* Editorial AEDOS, Barcelona.
- Boixadera, J., Teira, M. R.** 2001. (eds). *Aplicación agrícola de residuos orgánicos*, Lleida. Pp. 26.
- Bretones, F.** 1999. El enarenado. En técnicas de producción de frutas y hortalizas en los cultivos protegidos. Vol I: 103-111. Edita Caja Rural de Almería.
- Brun, R. y Lagier, J.** 1984. Etude d' un nouveautype d' abrimieux adapté au climat méditerranéen. *P.H.M.* 245: 25-32.
- Burns, E.R.; Carter, J.; Pile, R.S.; Roetheli, J.C.** 1979. Crop production in humid greenhouses heated with direct contact heat exchangers and power plant waste heat. *Pro.Nat. Greenhouses Veg.And Energy Conf.* Cleveland, Ohio.Sept., 1979: 49-64.
- Cadenas F, Gonzalez J, HHernández M.** 2003. El cultivo protegido del tomate. En técnicas de producción en cultivos protegidos (Coord.: F. Camacho Ferre), Vol II: 483-536. Edita Caja Rural Intermediterránea, Cajamar, Instituto de estudios Cajamar.
- Calvert, A.** 1973. Environmental responses. In: "Kingham, H. G. (Ed). *The U.K. tomato manual.* Growerbooks, London": 23-24.
- Callejón Ferre, A.J.** 2003. Efectos del sombreo mediante pantallas aluminadas sobre el microclima, fisiología, producción y calidad de fruto de tomate bajo invernadero. Tesis, Universidad de Almería.
- Camacho Ferre F.** 2003. Técnicas de producción en cultivos protegidos. Instituto de estudios de Cajamar. I.S.B.N.:84-95531-16-X. I.S.B.N.:84-95531-17-8 (Obra completa).
- Cantwell, M., Nie, X. y Hong, G.,** 2009. Impact of Storage Conditions on Grape Tomato Quality. *Antalaya, Turquia., s.n.*
- Carlsen L., Lassen P., Warwick, P., Randall, A.** 1994. Radio-labelled humic and dultic acids: a new approach to studies on environmental fate of pollutants. In *SE_SEI, T.M. MIA_O* (Eds.). *Humic substances in the global environment and implications on human health.* Elsevier Science. B. V. Amsterdam. En: <http://www.cervantesvirtual.com/FichaObra.html?Ref=3979&ext=pdf>.

- Castilla, N.** 1994. Greenhouse in the mediterranean area: Technological level and strategic management. *Acta Hort.* 361: 44-56.
- Castilla, N.** 2000. La radiación solar en invernadero en la costa mediterránea española. Incorporación de tecnología al invernadero mediterráneo, estación experimental Las palmerillas, Cajamar. Obtenido en www.fundacioncajamar.es
- Castilla, N.** 2001. Manejo del cultivo intensivo con suelo: 191-127. En: El cultivo de tomate. Ediciones Mundi-Prensa. I.S.B.N. 84-7114549-9.
- Casas, A., Himi, M., Díaz Y., Pinto, V., Font, X. y Tapias, J. C.** 2008. Assesing aquifer vulnerability to pollutants by electrical resistivity tomography (ERT) at a nitrate vulnerable zone in NE Spain. *Environ. Geol.*, 54, 515-520.
- Cenis J.L.** 1998. Control de hongos del suelo mediante solarización. *Phytoma.* España 30: 59-61.
- Cenis, J. y Argemi, J.** 1988. Modelización del efecto de la desinfección solar en la supervivencia de *Meloidogyne javanica* (Treub) Chit. Comunicaciones del III Congreso Nacional de Fitopatología. Puerto de la Cruz (Tenerife Islas Canarias) 29 Oct.-2 Nov.; 1984 [edited by Llobet, L.G.]. 1988, 152-160, La Laguna, Tenerife, Spain, Centro de Investigación y Tecnología Agrarias.
- Chamorro, A.** 2001. Marketing ecológico. Publicado en Puertas a la Lecturas. Universidad de Extremadura.
- Chellemil, D. O.** 2006. Innovative approaches to soil fumigation. Proceedings of American Chemical Society National Meeting
- Cockshull, K.E.** 1988. The integration of plant physiology with physical changes in the greenhouse climate, *Acta Hort.* 229: 113-123.
- Coleman, W.K. y Greyson, R.I.** 1976. The growth and development of the leaf in tomato. II. Leaf ontogeny. *Can. J. Bot.*, 54: 2421-2428.
- Cooper, A.J. y Hurd, R.G.** 1968. The influence of cultural factor on arrested development of the first inflorescence of glasshouse tomatoes. *J. Hort. Sci.* 43: 243-248.
- Cotter, D.J. y Walker, J.N.** 1967. Occurrences and biological effects of humidity in greenhouses. *Proc. 17 th. Int. Hort. Congr.* 3: 353-368.
- Cosme, J.** 2008. La materia orgánica y su influencia en la producción de tomate. En: Congreso internacional de tomate, 23-25 de Julio en León, Guanajuato (Mexico).
- Csicsort, J., Gerse, J., Titkos, A.** 1994. The Bioestimulant effect of different humic substance fractions on seed germination. In __. SE_SEI, T. M. MIA_O (Eds.). Humic substances in the global environment and implications on human health. En: <http://www.cervantesvirtual.com/FichaObra.html?Ref=3979&ext=pdf>.
- Cuartero, J. y Fernandez-Muñoz, R.** 1996a. Nuevos tomates. *Horticultura.* 117: 13-16.

- Cuartero, J. y Fernandez-Muñoz, R.** 1996b. Calidad de las hortalizas para consumo en fresco. Hortoinformación, 78: 34-38.
- Cuartero, J. y Origuel, B.** Artes, F.; Castilla, N.; Rodriguez, A. 1995. Debate sobre "calidad de los productos hortícolas" SECH. Boletín informativo, Año VII, número 3.
- Cuartero J.; Fernandez-Muñoz R.** 1999. Tomato and salinity. Scientia Horticulture. 78: 83-125.
- De Cara, M.** 2004. Desinfección de suelo agrícola mediante procedimientos no químicos. Terralia, 45: 62-69.
- Diez, M.A.** 2010. Bases agronómicas para la utilización de restos agrarios en biodesinfección de suelos. Madrid. Tesis Doctoral. 46- 54
- Drakes, D. y Stathan, J.** 1979. Use of power station reject heat. Hot. Ind March.
- Dubbini, G.** 1995. Interés de los bioestimulantes. Hortoinformación, 9, 50-51. En: <http://www.cervantesvirtual.com/FichaObra.html?Ref=3979&ext=pdf>.
- Duchaufour, Ph.** 1984. Edafología I: Edafogénesis y clasificación. Masson. Barcelona. 493 pp.
- Elizabeth D. Wilkerson, Gordon E. Anthon, Diane M. Barrett, Glynda Fe G. Sayajon, Alejandra M. Santos y Luis E. Rodriguez-Saona.** 2013 Rapid Assessment of Quality Parameters in Processing Tomatoes Using Hand-Held and Benchtop Infrared Spectrometers and Multivariate Analysis. Pag. 2090.
- Eweis, J.B., Ergas, S.J., Chang, D.P.Y., Schroeder, E. D.** 1999. Principios de biorrecuperación. MC Graw Hill, Madrid, 19-30.
- Fassbender, H. W.** 1972. Química del suelo. Ed. Turrialba. Costa Rica. Pp. 66-109.
- Fernández Rodríguez, E.J.** 2001. Conceptos esenciales de calidad en hortalizas frescas. Cursos de verano 2001. Universidad de Almería.
- Fernández, S.** 2003. Proyecto fin de carrera. Efectos del compost como abonado de fondo y alternativa al estiércol en suelo arenado y cultivo de tomate c.v. pitenza bajo invernadero.
- Fernández, P., Guirao, P., Ros, C., Guerrero, M. M., Quinto, V., Lacasa, A.** 2004. Efecto de la biofumigación con solarización sobre las características físicas y químicas del suelo. En: A. Lacasa, M.M. Guerrero, M. Oncina y J.A. Mora (eds.). Desinfección de suelos en invernaderos de pimiento. Publicaciones de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Región de Murcia. Jornadas, 16: 259-278.
- Fenoll, J., Hellín, P., Martínez, C.M., Miguel, M., Flores, P.,** 2007b. *FoodChem.*, **105**, 711
- Fitz, P.** 1980. Suelos. Su formación, clasificación y distribución. Cecsa, Madrid.

- Fraser, P.D.; Truesdale, M.R.; Bird, C.R.; Schuch, W.; Bramley, P.M.** 1994. Carotenoid biosynthesis during tomato fruit development. *Plant Physiology*, v.105, p.405-41.
- Fuentes Yagüe, J.L.** 1999. El suelo y los Fertilizantes. Eds. Mundi-Prensa y Ministerio de Agricultura y Pesca. Madrid. 352 pp.
- Furth, K. Gardner PA, Creewell Hp.** 1967. Genetic Improvement of Solanaceous Crops, Vol. 2: Tomato. M.K. Razdan and A.K. Mattoo (eds.).
- Gallardo, J. F.** 1980. El humus. *Investigación y Ciencia* 46, 8-16. En:<http://www.cervantesvirtual.com/FichaObra.html?Ref=3979&ext=pdf>.
- Gamliel, A. y Stapleton, J.J.** 1993. Effect of soil amendment with chicken compost or ammonium phosphate and solarization on pathogen control, rhizosphere microorganisms and lettuce growth. *Plant Dis.* 77:886–891.
- Gamliel, A. y Stapleton, J.J.** 1993. Characterization of antifungal volatile compounds evolved from solarized soil amended with cabbage residues. *Phytopathology* 83:899–905.
- Gamliel A., Austerweil M., Zilberg V., Rabinowich E., Manor H.,** 2000. Improved application to reduce pesticide residues in herb crops. *Aspects of Applied Biology* 57: 273- 278.
- Garveba, P., Van Veen, J. A., Van Elsas, J. D.** 2004. Microbial diversity in soil: selection microbial populations by plant and soil type and implications for disease suppressiveness. *Annual Review of Phytopathology*, 42: 243-270.
- Gelsomino A. y Cacco G.** 2006. Compositional shifts of bacterial groups in a solarized and amended soil as determined by denaturing gradient gel electrophoresis, *Soil Biol. Biochem.* 38, 91–102.
- Gómez López, G.** 2011. Estudios básicos para el establecimiento de modelos de producción y calidad organoléptica en tomate tipo pera en cultivo de otoño en invernadero de Almería. Proyecto fin de carrera. 80 – 109.
- Gómez L., Rodríguez M.G., Díaz-Viruliche L., González E., Wagner F.** 2010. Evaluación de materiales orgánicos para la biofumigación en instalaciones de cultivos protegidos para el manejo de *Meloidogyne incognita*. [en línea: <http://www.agrytec.com/agricola>].
- González Martin, J.** 2001. Análisis de parámetros bioproductivos y de calidad de ocho cultivares de tomate en ramillete. Proyecto fin de carrera. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería.
- Gormley, R., Egan, S.** 1978. Firmness and colour of the fruit of some tomato cultivars from various sources during storage. *JSCI food agric* 29, no.6: 534-538.
- Grierson, D. y A. Kader.** 1986. Fruit ripening and quality. In: J. Atherton y J. Rudich (Eds). *The tomato crop. A Scientific basis for improvement*. Chapman & Hall. 241-280.
- Guerrero, M. M., Lacasa, A., ROS, C., Martínez, M. A., Guirao, P., Barceló, N., Martínez, M. C., Bello, A., Fernández, P., Quinto, V.** 2003. Eficacia de la

biofumigación con solarización reiterada en los suelos de invernaderos para cultivo ecológico de pimiento. En: X Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas, Pontevedra, 26-30 mayo. Actas de Horticultura, 39: 33-35.

Guerrero, M.M., A. Lacasa, C. Ros, A. Bello, M. C. Martínez, J. Torres, P. Fernández. 2004 Efecto de la biofumigación con solarización sobre los hongos del suelo y la producción: fechas de desinfección y enmiendas. En A. Lacasa, MM. Guerrero, M. Oncina y JA. Mora Eds. Desinfección de suelos en invernaderos de pimiento. Publicaciones de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Región de Murcia. Jornadas 16, 209-238.

Guerrero, M. M., Lacasa, A., Ros, C., Guirao, P., Martínez, M.A., Barceló, N., Bello, A., Fernández, P., González, A. 2004. La reiteración de la biofumigación con solarización y los efectos en la desinfección de suelos de invernaderos de pimiento. En: XII Congreso Nacional de la Sociedad Española de Fitopatología, Almería, 14-18 Octubre. Resúmenes, 245.

Guerrero M. M., Martínez., M.A., Ros, C., Martínez, M.C., Bello,A., Lacasa, A., 2006. Biosolarización y biofumigación para la producción de pimiento ecológico en invernadero. VII Congreso SEAE Zaragoza

Gullino M.L. and L. Wardlow, Bradford, G. R. 2003. Ornamentals. In: Integrated Pest and Disease Management in Greenhouse Crops. (R. Albajes, M.L. Gullino, J.C. van Lenteren, Y. Elad, ed.) Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 486–505.

Hamilton, E.E. 1976. *What the New World economy gave the Old.* En: Chiappelli (ed.), vol 2. University of California Press, Los Angeles

Harper, L.A., Pallas, J.E., Bruce, R.R. 1979. Greenhouse microclimate for tomatoes in the southeast. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104:659-663.

Henin, S.; Gras, R. y Monnier, G. 1972. El perfil cultural, el estado físico del suelo y sus consecuencias agronómicas. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 340 pp.

Hewitt, J y Stevens, M. 1981. Growth analysis of two tomato genotypes differing in total fruit solids content. Journal of the American Society for Horticultural Science. 106: 723-727.

Ho, L.C. y Adams, P. 1995 Responses of Ca-efficient and Ca-inefficient tomato cultivars to salinity in plant growth, calcium accumulation and Blossom end rot. J Hort. Sci. 70: 909-918.

Holzclaw, K. M.; Sposito, Bradford, G. R. 1976. Humic Substances in Terrestrial Ecosystems. Soil Sci. Soc. AMER. Proc., 40 (2), 254 -258.

Hurt, R.G., Sheard, G.F. 1981. Fuel saving in greenhouses; the biological aspect. Growers books. London.

Ivonne P. M.; Villa, C.; Nieto J. 2011. Cambios de color y perfil aromático en soluciones osmóticas usadas en deshidratación osmótica en tomate. Agro vol. 9, no.2, Popayan.

Jimenez, R., Lamo, J. 1998. Agricultura Sostenible. Coedición Agrofuturo, Life y Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 616 pp.

- Juan Carlos Vilaseca, María Isabel Font, Concepción Jordá.** 2006. Biofumigación y biosolarización en el control del ToMV: una buena alternativa al bromuro de metilo. Vol 1. 115.
- Kader, A.A., Morris, L.L.** 1976. Correlating subjective and objective measurements of maturation and ripeness of tomatoes. Proceedings of the 2nd Tomato Quality Workshop. University of California, Davis, CA, pp. 57–62.
- Kader, A.A.; Morris, L.L.; Stevens, M.A.; Albright-Holton, M.** 1978. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. Journal of the American Society for Horticultural Science 113, 742-745.
- Kader, A.A.** 1985. Ethylene-induced senescence and physiological disorders in harvested horticultural crops. HortScience. 20:54-57.
- Katan J.** 2005. Short and long term effects of soil solarization and crop sequence on Fusarium wilt and yield of cotton in Israel. Phytopathology 73:1215-1219.
- Kirkegaard JA, Angus JF, Gardner PA, Creewell Hp.** (1993). Benefits of brassica break crops in the Southeast wheatbelt. Proc 7 Aust. Agron. Cons. Adelaide, 19-24 Sept, 282-285.
- Kostikalo, K. y Ormrod D. J.** 1991. Novel technique for measuring tissue firmness within tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit. PlantPhysiol. 96:545-550.
- Kononova, M. M.** 1982. Materia orgánica del suelo: su naturaleza propiedades y métodos de investigación. 1 Edición en español. Barcelona. España. Edic. Oikos-Tau, S.A. 365 p.
- Kubierna, W. L.** 1952. Claves sistemáticas de suelos. CSIC. 388 pp. Madrid.
- Labrador, J.** 1996. La materia orgánica en los agrosistemas. Madrid, Ministerio da Agricultura, Pesca y Alimentación, 174p.
- Lacasa, A., Guirao, P., Guerrero, M. M., Ros, C., López-Pérez, J. A., Bello, A., Bielza, P.** 1999. Alternatives to methyl bromide for sweet pepper cultivation in plastic-greenhouses in southeast Spain. International Workshop Alternatives to Methyl Bromide for the Southern European Countries. Proceedings. Heraklion, Creta (Greece), 7-10 december. Ed. European Commission, 2001: 133-135.
- LaMondia J. y Halbrendt J.** 2008. The effects of Brassica seed meal admendments on *Meloidogyne* hapt. viability in laboratory bioassays. Proceedings of 3th Int. Biofumigation Symposium. Canberra, Australia, 21-25 Jul., 19 p.
- Lazzeri L, Leoni O, Manici LM.** 2004. Biocidal plant dried pellets for biofumigation. Industrial Crops and Products 20, 59-65.
- López-Andreu, F.J.; Esteban, R.M.; Molla, E.; Carpena, O.** 1988a. Influencia del sistema de nutrición en la calidad de los frutos de tomate I. Rendimientos, parámetros físicos, fracciones nitrogenadas, acidez y azúcares. Anuario de Edafología y Agrobiología, 1181-1190. Dpto. de Química Agrícola. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid.

- López-Andreu, F.J.; Esteban, R.M.; Molla, E.; Carpena, O.** 1988b. Influencia del sistema de nutrición en la calidad de los frutos de tomate II. Carotenoides, ácido ascórbico, sustancias pectinas y flavonoides.. Anuario de Edafología y Agrobiología, 640-698. Dpto. de Química Agrícola. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid.
- Macías, F.** 2001. Perspectivas de la aplicación de residuos orgánicos al suelo. En: Aplicación agrícola de residuos orgánicos. Eds: J. Boixadera y M.R. Teira. Edición de la Universitat de Lleida. Pg. 329 – 353. Lleida. 356 pp.
- Maroto, J.V.** 1995. Horticultura herbácea espectral. Ed. Mundi-prensa. Madrid.
- Martín, A.** 1966. Tomato production, processing and quality evaluation. Growerbooks, London": 23-24.
- Martínez, G.** 2006. Efectos de distintas dosis de residuos agrícolas adicionados con y sin solarización sobre la producción y distintos parámetros de rendimiento de tomate larga vida cv. Daniela en cultivo ecológico. Proyecto fin de Carrera, Universidad de Almería, 97 pp.
- Martínez MA, Lacasa A, Tello J.** 2009. Ecología de la microbiota fúngica de los suelos de los invernaderos y su interés agronómico. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Centro de publicaciones, Madrid, 374 pp.
- Martínez, P. M.** 1995. Los microorganismos como fuente de recursos naturales. Recogido en: Labrador, J. L. 1996. La materia orgánica en los agrosistemas. Coedición Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y ed. Mundi-Prensa. Madrid. 174 pp.
- Martínez, P. M.** 2005. Combinación del injerto en pimiento con desinfectantes químicos y no químicos del suelo como alternativa al bromuro de metilo. Trabajo fin de carrera. ETSIA. Universidad Politécnica de Cartagena, 133 pp.
- Mauromicale, G., Lo Monaco, A., Longo, A.M.G.** 2010. Improved efficiency of soil solarization for growth and yield of greenhouse tomatoes. Agron. Sustain. Dev. 30, 753-761.
- Meredith, F. I., Purcell, R. G., Lyon, C. E.** 1990. Detection of firmness in peaches by impact force response. Trans. Am. Soc. Agr. Eng. 33:186 -188.
- Mitchell, J.P. y Shennan.** 1991. Tomato fruit yields and quality under water deficit and salinity. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116(2) 215-221.
- Mitchell, J.P.; Shennan, C.; Grattan, S.R. May, D, M.** 1991. Tomato fruit yields and quality under water deficit and salinity. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116 (2): 211-215.
- Mitidieri, M.; Brambilla, V.; Saliva, V.; Piris, E.; Piris, M.; Celié, R.; Pereyra, C.; Del Pardo, K.; Chaves, E. y González, J.** 2009. Efecto de distintas secuencias de tratamientos de biofumigación sobre parámetros fisicoquímicos y biológicos del suelo, el rendimiento y la salinidad de cultivos de tomate y lechuga bajo cubierta. INTA EEA San Pedro. 170. CC 43. San Pedro, Buenos Aires. Laboratorio de Nematología EEA INTA Balcarce
- Mizrahi Y., Taleisnik E., Kagan-Zur V., Offenbach R., Matan E. y Golan R.** 1988. A saline irrigation regime for improving tomato fruit quality without reducing yield. *Journal of American Society and Horticultural Science* **113**: 202-205.

- Moccia, S.; Frezza, D.; Chacra, Y.; Monaco, E.** 1997. Comportamiento en postcosecha de tomate cherry. Facultad de Agronomía. Buenos Aires. Argentina.
- Montero, M.** 1999. Evaluación agronómica de cultivares de tomate para racimo bajo condiciones protegidas. Proyecto fin de carrera. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería.
- Monlise, S.P., Varga, A., Buinsma, J.** 1978. Growth analysis of tomato fruits. *Ann. Bot.*, 42: 1245-1247.
- Nuez F.** 2001. El cultivo de tomate. Ediciones Mundi-Prensa. ISBN: 84-7114-549-9.
- Ocio, J. A. y Brookes P. C.** 1990. Integrated Plant Nutrition Systems Soil Biological Biochemistry, 22, 685.
- Ohr, H.D., J.J. Sims, N.M. Grech, J.O. Becker, and M.E. Mcgriffen.** 1996. Methyl iodide an ozone-safe alternative to methyl bromide as a soil fumigant. *Plant Dis.* 80(7):731-735
- Oka, Y., Shapira, N., Fine, P.** 2007. Control of root-knot nematodes in organic farming systems by organic amendments and soil solarization. *Crop Protect.* 26, 1556-1565.
- Pellicer Botía, C.; Balsalobre Balibrea, E.; Rincon Sanchez, L.; Sáez Sironi, J.** 1988. Deficiencias nutricionales y otras alteraciones fisiológicas. En: La sanidad del cultivo de tomate. M.V. Phytoma-España, S.I. I.S.B.N.: 84-921910-3-1.
- Peralta, I.E.** 2006. Nomenclature for wild and cultivated tomatoes
- Peralta, I.E. y Spooner, D.M.** 2007. History, origin and early cultivation of tomato (*Solanaceae*). pp 1-27. In: Genetic Improvement of Solanaceous Crops, Vol. 2: Tomato. M.K. Razdan and A.K. Mattoo (eds.), Science Publishers, Enfield, USA.
- Piccolo, A., Conte, P.; Agretto, A.; Spaccini, R.;** 1997. Soil remediation: humic acids as natural surfactants in the washings of highly contaminated soils. *Environ. Pollut.* 135, 515-522.
- Picken, A.J.F., Stewart, K., Klapwijk, D.** 1986. Germination and vegetative development. En Atherton, J.G.; Rudich, J. (Eds). *The tomato crop*. Chapman and hall Ltd., New York: 111-165.
- Plaster, E.** 2005. La ciencia del suelo y su manejo. Thomson, Madrid, 132-133.
- Porta C.,** 2003., Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3ª Edición. Ed. MundiPrensa, 929 pp. Madrid (España).
- Reche J.** 2010. Cultivo de tomate en invernadero. Publicado por: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Reicosky, D. C., Kemper, W. D., Gedale, G. W., Douglas JR., C. L., Rasmussen P. E.** 1995. Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production. *J. of Soil and Water Cons.* 50: 253-261.

- Riquelme.** 2001. Postcosecha del tomate para consumo en fresco. El cultivo de tomate. Ed. Nuez, F. Editorial Mundi-Prensa. 93-129. Madrid, Barcelona, Mexico.
- Rubin, B. y A. Benjamin** 1983. Solar heating of the soil: Effect on soil incorporated herbicides and on weed control. *Weed Science* 31:819-825.
- Ruiz, A.** 2005. Efectos de distintos tipos de compost, como abonado de fondo, en suelo arenado sobre la producción y calidad en tomate cv. Pitenza. Proyecto fin de carrera. Universidad de Almería.
- Schnitzer, M. y S. U. Khan.** 1978. Soil organic matter. Elsevier Scientific Publishing Co. New York. 319 p.
- Schnitzer, M.** 1991. Humic substances in the environment. Marcel Dekker. New York, NY, USA.
- Schouten, R.E., Huijben, T.P.M., Tijksens, L.M.M., and van Kooten, O.,** 2007a. Modelling quality attributes of truss tomatoes: Linking colour and firmness maturity, *Postharvest Biology and Technology*, 45(3): 298-306.
- Schouten, R.E., Huijben, T.P.M., Tijksens, L.M.M., and van Kooten, O.,** 2007b. Modelling the acceptance period of truss tomato batches, *Postharvest Biology and Technology*, 45(3): 307-316.
- Serrano, Z.** 1990. Técnicas de invernadero. Editorial PAO, Sevilla.
- Serrano, Z.** 2000 Chlorination in the Production and Postharvest Handling of Fresh Fruits and Vegetables. Universidad de California, Davis, California, EE.UU
- Sequi, P.; Guidi, G., Petruzelli, G.** 1972. *Agrochimica*, 16 (3), pp. 224 – 232.
- Sirisonboon, P., Tanaka, M. Y Kojima, T.,** 2012. Evaluation of tomato textural mechanical properties. *Journal of food engineering*. 118:276-293.
- Smith, Andrew F.** 1994. The tomato in America: early history, culture, and cookery. University of South Carolina Press, Columbia, S.C, USA. ISBN 1-5700-3000-6.
- Stevenson F.J. Schnitzer, M.** 1982 Method for the sequential extraction of organic matter from soils and soil fractions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 1418-1424.
- Tello J.C., Palmero D., García A., de Cara M..** 2010. Biodesinfección del suelo para el control de micosis de origen edáfico, corrección de la "fatiga" y efecto sobre las propiedades físico-químicas del suelo. En: Organismos para el control de patógenos en los cultivos protegidos. Prácticas culturales para una agricultura sostenible. Coord: J.C. Tello y F. Camacho. Fundación Cajamar.
- Thompson.L. y Troeh FR.** 1988. Los suelos y su fertilidad. Reverté, Barcelona, 4ª edición, 135.
- Toor R.K., Savage G.P., Lister C.E.** 2006. Seasonal variations in the antioxidant composition of greenhouse grown tomatoes, en: *Journal of Food Composition and Analysis*. Vol. 19, pp. 1-10.
- Tyurin, V., y Gutkina, E. L.** 1940. Data of Studies on Nature of Hulinins of Chemozem." *Trudy Pochv. Inst. Dokuchaeva*, Vol. 23, pp. 41-61

- Ulrich, R.** 1970. Organic acids. En: The Biochemistry of Fruits and their Products. Vol. I. C.A.C. Hulme, ed. Academic Press.
- Urbano Terron P.** 1992. Tratado de fitotecnia general. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 2ª edición. Mundi prensa libros s.a.
- Urbano Terron P.** 2001. Tratado de fitotecnia general. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 2ª edición. 895 pp.
- Valera, D., Molina, F.D., López, J.A.** 2000. Los invernaderos de Almería, Almería. 284.
- Van de Vooren, J.G.; Welles, W.H.; Hayman, G.** 1986. Glasshouse crop production. In "Atherton, J.G.; Rudich, J. (Ed). The tomato crop. Chapman and hall. London": 581-623.
- Varanini, Z., Tan., KH. Pinton, R.** 2000. Direct versus indirect effects of soil humic substances on plant growth and nutrition. In: The Rhizosphere. Biochemistry and organic substances at the soilplant interface. (eds. R Pinton; Z Varanini & P Nannipieri.) Marcel Dekker, Inc New York. 141-157 pp.
- Vargas, A.; Bruinsma, J.** 1986. Tomato. En "Monselise, S.P. (De). Fruit set and development. C.R.C. Press Inc., Boca Raton, Florida".
- Vargas Fernández, E.** 2003. Estudio parámetros calidad. Biosolarización y biofumigación para la producción de pimiento ecológico en invernadero. VII Congreso SEAE
- Verkerk, K.** 1975. Temperature light of the tomato. Meded. Landbouwhogeschool Wageningen, 55: 175-224.
- Wada, T.; Ikeda, H.; Morimoto, K.; Furukawa H.** 1998. Effect of minimum air temperatures on the growth, yield and quality of tomatoes grown on a single-truss system. J. Jpn. Soc Hort. Sci. 67: 420-425.
- Watada, A.E., R.C. Herner, A.A. Kader, R.J. Romani, G.L. Staby.** 1984. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. Hort. Sci., 19(1):20-21.
- Wilbur, A.; Gould, P.D.** 1983. Tomato production, processing and quality evaluation. Editorial AVI.
- Wolf, S. y Rudich J.** 1988. Effect of high temperature on photosynthesis in tomatoes. Ann. Bot., 65:179-185,
- Wolf, S. y Rudich, J.** 1988. The growth rates of fruits on different part of the tomato plant and effect of water stress on dry weight accumulation. Scientia Horticulturae, 34.1-11.
- Yelle S, Hewitt JD, Robinson NL, Damon S, Bennett AEI.** 1988. Sink metabolism in tomato fruit. Analysis of carbohydrate assimilation in a wild species. Plant Physiol 87:737-740
- Young, T.E.; Jovic, J.A.; Sullivan, J.G.** 1993. Accumulation of the components of total solids in ripening fruits of tomato. J. Amer. Hort. Sci., 118:286-292.

Zapata L.; Gerard L.; Davies C.; Oliva L.; Schwab M. 2007. Correlación matemática de índices de color del tomate con parámetros texturales y concentración de carotenoides. n.34. Uruguay

ANEJOS

La clasificación y calidad de los tomates para consumo en fresco es determinada por el **REGLAMENTO (CE) N° 790/2000 de la comisión de 14 de Abril de 2000**, por el que se establecen las normas de comercialización de los tomates detallado en el ANEJO 1. Modificado por el **REGLAMENTO (CE) N° 717/ 2001 de la comisión de 10 de Abril de 2001** (ANEJO II)

Con el objetivo de proteger la salud de los consumidores, asegurar unas prácticas de comercio claras y promocionar la coordinación de todas las normas alimentarias acordadas por las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, surgió la **Comisión del Codex Alimentarius**, creada por la FAO y la OMS con el fin de desarrollar normas alimentarias y reglamentos. Por tanto la normativa del Codex para tomate (ANEJO III), también sirve como referencia en cuanto a la clasificación y calidad de tomates para consumo en fresco.

Existe una gran relación entre la norma del CODEX para tomate y el reglamento (CE) N° 790/2000, casi llegando a ser idénticos en la mayor parte de los apartados y clasificación que se usa para normalizar la calidad del tomate.

A su vez ambos sirven como referencia para establecer las normas de calidad de la mayor parte de cooperativas, alhóndigas y empresas que se encargan de la comercialización de tomate. Prueba de ello son las normas de calidad y normalización de C.A.S.I. (cooperativa Agrícola San Isidro), o la empresa Fruteco, las cuales, basan su normalización de calidad en los reglamentos y en la norma alimentaria anteriormente mencionada.

ANEJO I

**REGLAMENTO (CE) N° 790/2000 de
la comisión de 14 de Abril de 2000**

REGLAMENTO (CE) No 790/2000 DE LA COMISIÓN de 14 de Abril de 2.000 por el que se establecen las normas de comercialización de tomates.

LA COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS.

Visto el Tratado constitutivo de la Comunidad Europea.

Visto el Reglamento (CE) n° 2200/96 del Consejo, de 28 de octubre de 1996, por el que se establece la organización común de mercados en el sector de las frutas y hortalizas(1), cuya última modificación la constituye el Reglamento (CE) n° 1257/1999(2), y, en particular, el apartado 2 de su artículo 2,

Considerando lo siguiente:

(1) Los tomates figuran en el anexo I del Reglamento (CE) n° 2200/96 entre los productos que deben estar regulados por normas. El Reglamento (CEE) n° 778/83 de la Comisión, de 30 de marzo de 1983, por el que se establecen normas de calidad para los tomates(3), cuya última modificación la constituye el Reglamento (CE) n° 2522/97(4), ha sido objeto de múltiples modificaciones que menoscaban su necesaria claridad jurídica.

(2) Por consiguiente es necesario proceder a una refundición de dicha normativa y derogar el Reglamento (CEE) n° 778/83. Además, por motivos de transparencia en el mercado mundial, es preciso que en esa refundición se tenga en cuenta la norma recomendada para los tomates por el Grupo de trabajo de normalización de los alimentos pareceros y de desarrollo de la calidad, de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEE-ONU).

(3) Por otro lado, procede especificar que los tomates "cereza" (incluidos los tomates "cóctel") constituyen un cuarto tipo comercial diferente de los otros tres (tomates redondos lisos, tomates alargados y tomates asurcados) que se distinguían hasta el momento y detallar los diferentes tipos de presentación aceptables en el mercado para los tomates. Además, la evaluación del mercado del tomate fresco depende de la calidad gustativa del producto, que se caracteriza por una gran variabilidad, especialmente en la fase de la venta al por menor. Conviene que el sector tenga la posibilidad de hacer constar en los paquetes indicaciones mínimas o máximas relativas a criterios básicos de madurez, con objeto de que el consumidor pueda elegir en función de las características organolépticas que prefiera.

(4) La aplicación de las presentes normas deberá permitir eliminar del mercado los productos de calidad insatisfactoria, orientar la producción a las exigencias de los consumidores y facilitar las relaciones comerciales en un marco de competencia leal, contribuyendo así a aumentar la rentabilidad de la producción.

(5) Las normas han de aplicarse en todas las fases de la comercialización. El transporte a larga distancia, el almacenamiento de cierta duración o las diversas manipulaciones a las que se someten los productos pueden provocar en ellos alteraciones debidas a su evaluación biológica o a su carácter más o menos perecedero. Procede tener en cuenta esas alteraciones al aplicar las normas en las fases de la comercialización que siguen a la de expedición. En el caso de los productos de la categoría "Extra", que deben seleccionarse y acondicionarse con especial cuidado, la única alteración que ha de poder admitirse es la disminución de la frescura y la turgencia.

(6) Las medidas previstas en el presente Reglamento se ajustan al dictamen del Comité de gestión de las frutas y hortalizas frescas.

HA ADOPTADO EL PRESENTE REGLAMENTO:

Artículo 1

Las normas de comercialización de los tomates del código NC 0702 00 00 se establecen en el anexo.

Dichas normas se aplicarán en todas las fases de la comercialización en las condiciones dispuestas por el Reglamento (CE) n° 22 00/96.

No obstante, en las fases siguientes a la de expedición, los productos podrán presentar frente a las disposiciones de esas normas:

- una ligera disminución de su estado de frescura y de turgencia, y
- salvo en el caso de los productos clasificados en la categoría "Extra" ligeras alteraciones debidas a su evolución y su carácter más o menos perecedero.

Artículo 2

Queda derogado el Reglamento (CEE) n° 778/83.

Artículo 3

El presente Reglamento entrará en vigor el vigésimo día siguiente al de su publicación en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas.

Será aplicable a partir del primer día del tercer mes siguiente al de su entrada en vigor.

El presente Reglamento será obligatorio en todos sus elementos y directamente aplicable en cada Estado miembro.

Hecho en Bruselas, el 14 de abril de 2000.

Por la Comisión

Franz FISCHLER

Miembro de la Comisión

(1) DO L 297 de 21.11.1996, p. 1.

(2) DO L 160 de 26.6.1999, p. 80.

(3) DO L 86 de 31.3.1983, p. 14.

(4) DO L 346 de 17.12.1997, p. 44.

NORMAS PARA LOS TOMATES

I. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

Las presentes normas se aplicarán a los tomates de las variedades (cultivares) obtenidas de *Lycopersiconlycopersicum* (L.) Karsten ex Farw/*Lycopersiconesculentum* Mill. que se destinen a su entrega en estado fresco al consumidor y no a la transformación industrial.

Se distinguen cuatro tipos comerciales de tomates:

- "redondos lisos"
- "asurcados"
- "oblongos" o "alargados",
- tomates "cereza" (incluidos los tomates "cóctel").

II. DISPOSICIONES RELATIVAS A LA CALIDAD

Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos de calidad que deberán cumplir los tomates tras su acondicionamiento y envasado.

A. Requisitos mínimos

En el caso de todas las categorías y sin perjuicio de las disposiciones especiales de cada una de ellas y de los límites de tolerancia establecidos, los tomates deberán entregarse:

- enteros,
- sanos, quedando excluidos los productos que presenten podredumbre u otras alteraciones que los hagan impropios para el consumo,
- limpios, prácticamente exentos de materias extrañas visibles,
- de aspecto fresco,
- prácticamente exentos de plagas,
- prácticamente exentos de daños causados por plagas,
- exentos de un grado anormal de humedad exterior,
- exentos de olores y sabores extraños.

En el caso de los tomates en racimos, los tallos deberán tener un aspecto fresco, sano, limpio y estar exentos de hojas y materias extrañas visibles.

Los tomates se hallarán en un estado y una fase de desarrollo que les permitan:

- conservarse bien durante su transporte y manipulación, y
- llegar en condiciones satisfactorias a su destino.

B. Clasificación

Los tomates se clasificarán en una de las tres categorías siguientes:

i) Categoría "Extra"

Los tomates clasificados en esta categoría deberán ser de calidad superior. Deberán tener la pulpa firme y presentar la forma, el aspecto y el desarrollo característicos de la variedad.

Su coloración, en relación con el estado de madurez, deberá ser suficiente para reunir los requisitos establecidos en el último guión de la letra A.

No podrán presentar "dorso verde" ni otros defectos, salvo muy ligeras alteraciones superficiales en la epidermis que no afecten al aspecto general del producto ni a su calidad, conservación y presentación en el envase.

ii) Categoría I

Los tomates clasificados en esta categoría deberán ser de buena calidad, suficientemente firmes y presentar las características de la variedad.

No podrán presentar grietas ni "dorso verde" aparentes. Sin embargo podrán presentar los defectos leves que se indican a continuación, siempre que éstos no afecten al aspecto general del productos ni a su calidad, conservación y presentación en el envase:

- ligeras malformaciones y defectos de desarrollo,
- ligeros defectos de coloración,
- ligeros defectos en la epidermis,
- magulladuras muy ligeras.

Además, los tomates "asurcados" podrán presentar:

- grietas cicatrizadas de 1 cm de longitud máxima,
- protuberancias no excesivas,
- un pequeño ombligo que no presente formación acorchada,
- cicatrices acorchadas de forma umbilical en el punto pistilar, cuya superficie total no exceda de 1 cm²,
- una fina cicatriz pistilar alargada (similar a una costura), cuya longitud no supere los dos tercios del diámetro máximo del fruto.

iii) Categoría II

Esta categoría comprenderá los tomates que no puedan clasificarse en las categorías superiores pero que cumplan los requisitos mínimos arriba establecidos.

Deberán ser suficientemente firmes (aunque podrán ser ligeramente menos firmes que los clasificados en la categoría I) y no podrán presentar grietas sin cicatrizar.

Siempre que conserven sus características esenciales de calidad, conservación y presentación estos tomates podrán tener los defectos siguientes:

- defectos de forma, de desarrollo y de coloración,
- defectos de la epidermis o magulladuras, siempre que no dañen gravemente el fruto,
- grietas cicatrizadas de 3 cm de longitud máxima.

Además, los tomates "asurcados" podrán presentar:

- protuberancias más marcadas en comparación con la categoría I, sin que exista deformidad,
- un ombligo,
- cicatrices acorchadas de forma umbilical en el punto pistilar, cuya superficie total no exceda de 2 cm²,
- una fina cicatriz pistilar alargada (similar a una costura).

III. DISPOSICIONES RELATIVAS AL CALIBRADO

El calibre vendrá determinado por el diámetro máximo de la sección ecuatorial. Las disposiciones siguientes no se aplicarán a los tomates "cereza".

A. Calibre mínimo

El calibre mínimo de los tomates clasificados en las categorías "Extra", I y II se fija en:

- 35 mm para los tomates "redondos lisos" y "asurcados",
- 30 mm para los tomates "oblongos".

B. Escala de calibre

Se utilizará la escala de calibre siguiente:

- 30 mm inclusive a 35 mm exclusive(1),
- 35 mm inclusive a 40 mm exclusive,
- 40 mm inclusive a 47 mm exclusive,
- 47 mm inclusive a 57 mm exclusive,
- 57 mm inclusive a 67 mm exclusive,
- 67 mm inclusive a 82 mm exclusive,
- 82 mm inclusive a 102 mm exclusive,
- 102 mm o más.

La observancia de la escala de calibre será obligatoria para los tomates de las categorías "Extra" y I.

Esta escala de calibre no se aplicará a los tomates en racimos.

IV. DISPOSICIONES RELATIVAS A LAS TOLERANCIAS

Dentro de los límites que se disponen a continuación, se admitirá en cada envase la presencia de productos que no cumplan los requisitos de calidad y calibre de la categoría en él indicada.

A. Tolerancias de calidad

i) Categoría "Extra"

- Un 5 % en número o en peso de tomates que no cumplan los requisitos de esta categoría pero que se ajusten a los de la categoría I o que, como mínimo y con carácter excepcional, se incluyan en las tolerancias de esa categoría.

ii) Categoría I

- Un 10 % en número o en peso de tomates que no cumplan los requisitos de esta categoría pero que se ajusten a los de la categoría II o que, como mínimo y con carácter excepcional, se incluyan en las tolerancias de esa categoría.

- En el caso de los tomates en racimos, un 5 % en número o en peso de tomates separados del tallo.

iii) Categoría II

- Un 10 % en número o en peso de tomates que no cumplan los requisitos de esa categoría ni tampoco los requisitos mínimos, quedando excluidos los productos

que presenten podredumbre, magulladuras pronunciadas u otras alteraciones que los hagan impropios para el consumo.

- En el caso de los tomates en racimos, un 10 % en número o en peso de tomates separados del tallo.

B. Tolerancias de calibre

En el caso de todas las categorías: un 10 % en número o en peso de tomates que correspondan al calibre inmediatamente inferior o superior al calibre especificado, con un mínimo de 33 mm para los tomates "redondos lisos" y "asurcados" y de 28 mm para los tomates "oblongos".

V. DISPOSICIONES RELATIVAS A LA PRESENTACIÓN

A. Homogeneidad

El contenido de cada envase deberá ser homogéneo, incluyendo únicamente tomates del mismo origen, variedad o tipo comercial, calidad y calibre (este último criterio en la medida en que sea aplicable).

Los tomates clasificados en las categorías "Extra" y I deberán ser prácticamente homogéneos en lo que se refiere a su madurez y coloración. Además, en el caso de los tomates "oblongos", la longitud deberá ser suficientemente uniforme.

La parte visible del contenido del envase tendrá que ser representativa del conjunto.

B. Acondicionamiento

El envase de los tomates deberá protegerlos convenientemente.

Los materiales utilizados en el interior del envase deberán ser nuevos, estar limpios y ser de una materia que no pueda causar al producto alteraciones internas ni externas. Se permitirá el uso de materiales, y, en especial, de papeles o sellos que lleven indicaciones comerciales, siempre que la impresión o el etiquetado se hagan con tintas o gomas que no sean tóxicas.

Los envases deberán estar exentos de materias extrañas.

C. Presentación

Los tomates podrán presentarse:

- i) en forma de frutos separados, con o sin cáliz y tallo corto,
- ii) en forma de tomates en racimos, es decir que los tomates se presentan en inflorescencias enteras o partes de inflorescencia, siempre que cada inflorescencia o parte de ésta conlleve al menos el siguiente número de frutos:

- 3 frutos (2 frutos en preenvase), o
- en el caso de los tomates "cereza" en racimos, 6 frutos (4 frutos en preenvase).

VI. DISPOSICIONES RELATIVAS AL MARCADO

Cada envase llevará, agrupadas en uno de sus lados y con caracteres legibles, indelebles y visibles desde el exterior, las indicaciones siguientes:

A. Identificación

Envasador o expedidor: nombre y dirección o identificación simbólica expedida o reconocida oficialmente. No obstante, en caso de utilizarse un código (identificación simbólica), se harán figurar junto a él las palabras "envasador o expedidor (o una abreviatura equivalente)".

B. Naturaleza del producto

- "tomates" o "tomates en racimos" y tipo comercial, si el contenido no es visible desde el exterior; estas indicaciones serán obligatorias en todos los casos para el tipo "cereza" (o "cóctel"), en racimos o no,
- nombre de la variedad (facultativo).

C. Origen del producto

- País de origen y, en su caso, zona de producción o denominación nacional, regional o local.

D. Características comerciales

- categoría,
- calibre (cuando sea aplicable), expresado por el diámetro mínimo y máximo o, cuando proceda, mención "sin calibrar",
- contenido mínimo de azúcar, medido con un refractómetro y expresado en valor Brix (facultativo).

E. Marca de control oficial (facultativa).

- (1) Únicamente para los tomates oblongos.

ANEJO II

**REGLAMENTO (CE) N° 717/2001 de
la comisión de 10 de Abril de 2001**

REGLAMENTO (CE) No 717/2001 DE LA COMISIÓN de 10 de abril de 2001 que modifica el Reglamento (CE) no 790/2000 por el que se fijan las normas de comercialización aplicables a los tomates.

LA COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS,

Visto el Tratado constitutivo de la Comunidad Europea, Visto el Reglamento (CE) no 2200/96 del Consejo, de 28 de octubre de 1996, por el que se establece la organización común de mercados en el sector de las frutas y hortalizas (1), cuya última modificación la constituye el Reglamento (CE) no 2826/2000 (2), y, en particular, el apartado 2 de su artículo 2, Considerando lo siguiente: (1) El Reglamento (CE) no 790/2000 de la Comisión, de 14 de abril de 2000, por el que se fijan las normas de comercialización aplicables a los tomates (3) establece en su anexo disposiciones relativas a la clasificación de los tomates. (2) Por motivos de transparencia en el mercado mundial, conviene revisar dichas disposiciones. En efecto, las normas en relación con los tomates recomendadas por la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas se han modificado recientemente a fin de precisar que los tomates «cereza» no pueden presentar grietas cicatrizadas, ni siquiera en la categoría II. (3) Las medidas previstas en el presente Reglamento se ajustan al dictamen del Comité de gestión de las frutas y hortalizas frescas.

HA ADOPTADO EL PRESENTE REGLAMENTO:

Artículo 1

El tercer guión del tercer apartado (iii- Categoría II) de la parte B (Clasificación) del título II (Disposiciones relativas a la calidad) del anexo del Reglamento (CE) no 790/2000 se sustituirá por el guión siguiente: «grietas cicatrizadas de 3 cm de longitud máxima en los tomates “redondos”, “asurcados” u “oblongos”.».

Artículo 2

El presente Reglamento entrará en vigor el vigésimo día siguiente al de su publicación en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas. Será aplicable a partir del primer día del segundo mes siguiente al de su entrada en vigor.

El presente Reglamento será obligatorio en todos sus elementos y directamente aplicable en cada Estado miembro.

Hecho en Bruselas, el 10 de abril de 2001.

Por la Comisión

Franz FISCHLER

ANEJO III

**NORMA DEL CODEX PARA EL
TOMATE.**

**CODEX STANDARD FOR
TOMATOES**

(CODEX STAN 293-2008)

CODEX STANDARD FOR TOMATOES (CODEX STAN 293-2008)

1. DEFINITION OF PRODUCE

This Standard applies to commercial varieties of tomatoes grown from *Lycopersicon esculentum* Mill, of the *Solanaceae* family, to be supplied fresh to the consumer, after preparation and packaging. Tomatoes for industrial processing are excluded.

Tomatoes may be classified into four commercial types:

- “Round”;
- “Ribbed”;
- “Oblong” or “Elongated”;
- “Cherry” tomatoes and “Cocktail” tomatoes.

2. PROVISIONS CONCERNING QUALITY

2.1 MINIMUM REQUIREMENTS

In all classes, subject to the special provisions for each class and the tolerances allowed, the tomatoes must be:

- whole
- sound, produce affected by rotting or deterioration such as to make it unfit for consumption is excluded
- clean, practically free of any visible foreign matter
- practically free of pests and damage caused by them affecting the general appearance of the produce
- free of abnormal external moisture, excluding condensation following removal from cold storage
- free of any foreign smell and/or taste
- fresh in appearance

In the case of trusses of tomatoes, the stalks must be fresh, healthy, clean and free of all leaves and any visible foreign matter.

2.1.1 The development and condition of the tomatoes must be such as to enable them:

- to withstand transport and handling; and
- to arrive in satisfactory condition at place of destination.

2.1.2 Maturity Requirements

The tomatoes must be sufficiently developed and display satisfactory ripeness.

The development and state of maturity of the tomatoes must be such as to enable them to continue their ripening process and to reach the appropriate degree of ripeness.

2.2 CLASSIFICATION

Tomatoes are classified in three classes defined below:

2.2.1 “Extra” Class

Tomatoes in this class must be of superior quality. They must have firm flesh and must be characteristic of the variety as regards shape, appearance and development.

They must be uniform in terms of size. Their colouring, according to their state of ripeness, must be such as to satisfy the requirements set out in Section 2.1.1 above. They must be free of greenbacks and other defects, with the exception of very slight superficial defects, provided these do not affect the general appearance of the produce, the quality, the keeping quality and presentation in the package.

2.2.2 Class I

Tomatoes in this class must be of good quality. They must have reasonably firm flesh and must be characteristic of the variety as regards shape, appearance and development. They must be uniform in terms of size. They must be free of cracks and visible greenback.

The following slight defects, however, may be allowed, provided these do not affect the general appearance of the produce, the quality, the keeping quality and presentation in the package:

- a slight defect in shape and development
- a slight defect in colouring
- slight skin defects
- very slight bruises

Furthermore, “ribbed” tomatoes may show:

- shallow healed cracks not more than 1 cm long
- no excessive protuberances
- small umbilicus but not suberization
- suberization of the stigma up to 1 cm²
- a linear scar no longer than two thirds of the greatest diameter of the fruit.

2.2.3 Class II

This class includes tomatoes which do not qualify for inclusion in the higher classes, but satisfy the minimum requirements specified in Section 2.1 above. They must have reasonably firm flesh (but may be slightly less firm than in Class I) and must not show unhealed cracks. The following defects, however, may be allowed, provided the tomatoes retain their essential characteristics as regards the quality, the keeping quality and presentation:

- defects in shape, development and colouring;
- skin defects or bruises, provided the fruit is not seriously affected;
- shallow healed cracks not more than 3 cm in length for round, ribbed or oblong tomatoes.

Furthermore, “ribbed” tomatoes may show:

- more pronounced protuberances than allowed under Class I, but without being misshapen;
- one umbilicus;
- suberization of the stigma up to 2 cm²;
- fine blossom scar in elongated form (like a seam).

3.PROVISIONS CONCERNING SIZING

When sized by diameter, size is determined by the maximum diameter of the equatorial section. Sizing does not apply to trusses of tomatoes. Sizing is not compulsory for Class II.

Tomatoes are sized with one of the following options:

(a) Tomatoes may be sized according to the following table:

Size code	Diameter (mm)
0	≤ 20
1	> 20 ≤ 25
2	> 25 ≤ 30
3	> 30 ≤ 35
4	> 35 ≤ 40
5	> 40 ≤ 47
6	> 47 ≤ 57
7	> 57 ≤ 67
8	> 67 ≤ 82
9	> 82 ≤ 102
10	> 102

Or

(b) Tomatoes may be sized according to the following uniformity provision.

The maximum difference in diameter between tomatoes in the same package shall be limited to:

- 10 mm, if the diameter of the smallest fruit (as indicated on the package) is under 50 mm.
- 15 mm, if the diameter of the smallest fruit (as indicated on the package) is 50 mm and over but under 70 mm.
- 20 mm, if the diameter of the smallest fruit (as indicated on the package) is 70 mm and over but under 100 mm.
- There is no limitation of difference in diameter for fruit equal or over 100 mm.

Or

(c) Tomatoes may be sized by count, diameter or weight, according to the provisions of the legislation of the importing country.

4.PROVISIONS CONCERNING TOLERANCES

Tolerances in respect of quality and size shall be allowed in each package for produce not satisfying the requirements of the class indicated.

4.1 QUALITY TOLERANCES

4.1.1 “Extra” Class

Five percent by number or weight of tomatoes not satisfying the requirements of the class, but meeting those of Class I or, exceptionally, coming within the tolerances of that class.

4.1.2 Class I

Ten percent by number or weight of tomatoes not satisfying the requirements of the class, but meeting those of Class II or, exceptionally, coming within the tolerances of that class. In the case of trusses of tomatoes, 5% by number or weight of tomatoes detached from the stalk.

4.1.3 Class II

Ten percent by number or weight of tomatoes satisfying neither the requirements of the class nor the minimum requirements, with the exception of produce affected by rotting, marked bruising or any other deterioration rendering it unfit for consumption.

In the case of trusses of tomatoes, 10% by number or weight of tomatoes detached from the stalk.

4.2 SIZE TOLERANCES

For all classes, 10 % by number or weight of tomatoes not satisfying the requirements as regards sizing but have a diameter greater or less than 10 mm of the size marked.

5. PROVISIONS CONCERNING PRESENTATION

5.1 UNIFORMITY

The contents of each package must be uniform and contain only tomatoes of the same origin, variety or commercial type, quality and size (if sized). The ripeness and colouring of tomatoes in “Extra” Class and Class I must be practically uniform. In addition, the length of “oblong” tomatoes must be sufficiently uniform. The visible part of the contents of the package must be representative of the entire contents.

5.2 PACKAGING

Tomatoes must be packed in such a way as to protect the produce properly. The materials used inside the package must be new¹, clean, and of a quality such as to avoid causing any external or internal damage to the produce. The use of materials, particularly of paper or stamps bearing trade specifications is allowed, provided the printing or labelling has been done with non-toxic ink or glue. Tomatoes shall be packed in each container in compliance with the Recommended International Code of Practice for Packaging and Transport of Fresh Fruit and Vegetables (CAC/RCP 44 1995).

5.2.1 Description of Containers

The containers shall meet the quality, hygiene, ventilation and resistance characteristics to ensure suitable handling, shipping and preserving of the tomatoes. Packages must be free of all foreign matter and smell.

5.3 PRESENTATION

The tomatoes may be presented as follows:

(i) as individual tomatoes, with or without calyx and short stalk.

(ii) as trusses of tomatoes, in other words, in entire inflorescence or part of inflorescence, where each inflorescence or part of each inflorescence should comprise at least the following number of tomatoes:

– 3 (2 if prepackaged)

– in the case of trusses of “cherry” tomatoes, 6 (4 if prepackaged).

6. MARKING OR LABELLING

6.1 CONSUMER PACKAGES

In addition to the requirements of the Codex General Standard for the Labelling of Prepackaged Foods (CODEX STAN 1-1985), the following specific provisions apply.

6.1.1 Nature of Produce

If the produce is not visible from the outside, each package shall be labelled as to the name of the produce and may be labelled as to the name of the variety and/or commercial type.

6.2 NON-RETAIL CONTAINERS

Each package must bear the following particulars, in letters grouped on the same side, legibly and indelibly marked, and visible from the outside, or in the documents accompanying the shipment.

6.2.1 Identification

Name and address of exporter, packer and/or dispatcher. Identification code (optional)².

6.2.2 Nature of Produce

– Name of the produce “tomatoes” or “trusses of tomatoes” and the commercial type if the contents are not visible from the outside. These details must always be provided for “cherry” and “cocktail” tomatoes, whether in trusses or not.

– Name of the variety (optional).

6.2.3 Origin of Produce

Country of origin and, optionally, district where grown, or national, regional or local place name.

6.2.4 Commercial Identification

– Class.

– Size expressed as minimum and maximum diameters (if sized).

6.2.5 Official Inspection Mark (optional)

7. CONTAMINANTS

7.1

The produce covered by this Standard shall comply with the maximum levels of the Codex General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed (CODEX STAN 193-1995).

7.2

The produce covered by this Standard shall comply with the maximum residue limits for pesticides established by the Codex Alimentarius Commission.

8. HYGIENE

8.1

It is recommended that the produce covered by the provisions of this Standard be prepared and handled in accordance with the appropriate sections of the Recommended International Code of Practice – General Principles of Food Hygiene (CAC/RCP 1-1969), Code of Hygienic Practice for Fresh Fruits and Vegetables (CAC/RCP 53-2003), and other relevant Codex texts such as Codes of Hygienic Practice and Codes of Practice.

8.2

The produce should comply with any microbiological criteria established in accordance with the Principles for the Establishment and Application of Microbiological Criteria for Foods (CAC/GL 21-1997).

Evaluación de la adición en suelo arenado de materia orgánica, con y sin solarización sobre producción y calidad de tomate (*Lycopersicon esculentum* cv. Amilda)

CE Nº 790/2000 CODEX		
Definición del producto	<ul style="list-style-type: none"> -Redondos -Asurcados -Oblongos o Alargados -Cherry y Cóctel 	
Requisitos mínimos de calidad	<p>Enteros</p> <ul style="list-style-type: none"> -Sanos, exentos de podredumbre o deterioro. -Limpios, prácticamente exentos de materias extrañas visibles -Con aspecto fresco -Prácticamente exentos de plagas y daños causados por ellas, que afectan al aspecto -Exentos de un grado anormal de humedad exterior -Exentos de olores y sabores extraños 	
Categoría extra	<p>Calidad superior</p> <ul style="list-style-type: none"> -Pulpa firme -Forma y aspecto característico de la variedad -Coloración adecuada -No podrán presentar dorso verde, ni otros defectos, salvo muy ligeras alteraciones superficiales en la epidermis que no afecten a la calidad general 	
Categoría I	No apto	<ul style="list-style-type: none"> -Grietas y dorso verde -Mala calidad e insuficiente firmeza -No presenta características típicas de la variedad
	Apto	<p>Podrán presentar los siguientes defectos leves que se indican a continuación, siempre que estos no afecten al aspecto general del producto ni a su calidad de conservación y presentación en el envase:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Ligeras malformaciones y defectos de desarrollo -Ligeros defectos de coloración -Ligeros defectos en la epidermis -Magulladuras muy ligeras
Excepciones aptas	<p>Tomate asurcado:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Grietas cicatrizadas <1cm -Podredumbres mínimas -Pequeño ombiligo -Cicatrices acorchadas de forma umbilical en el punto pistilar (suberización del estigma) <1cm² -Fina cicatriz pistilar alargada, <2/3 del diámetro máximo 	

Evaluación de la adición en suelo arenado de materia orgánica, con y sin solarización sobre producción y calidad de tomate (*Lycopersicon esculentum* cv. Amilda)

Tomates que no pueden clasificarse en las categorías superiores pero que cumplen los requisitos mínimos de calidad		
Categoría II	<p>No apto</p> <ul style="list-style-type: none"> -Insuficientemente firmes; firmeza categoría II < firmeza categoría I -Grietas sin cicatrizar <p>Apto</p> <p>Siempre que conserven sus características esenciales de calidad, conservación y presentación estos tomates podrán tener los defectos siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Defectos de forma, desarrollo y coloración -Defectos en la epidermis o magulladuras, sin daño grave al fruto -Grietas de 3 cm de longitud máxima para tomates redondos, asurcados u oblongos <p>Excepciones</p> <p>Tomate asurcado:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Protuberancias > categoría I, pero sin deformación -Ombiligo -Cicatrices acorchadas de forma umbilical en el punto pistilar (suberización del estigma) < 2cm -Fina cicatriz pistilar alargada 	
Tolerancias de calidad	Extra	Un 5 % en número o en peso de tomates que no cumplan los requisitos de esta categoría pero que se ajusten a los de la categoría I o excepcionalmente, no superen las tolerancias establecidas para esta última.
	I	Un 10 % en número o en peso de tomates que no cumplan los requisitos de esta categoría ni tampoco los requisitos mínimos, quedando excluidos los productos que presenten podredumbre, magulladuras pronunciadas u otras alteraciones que los hagan impropios para el consumidor. Tomate de racimo, 5 % en número o peso de tomate separado del tallo.
	II	Un 10 % en número o en peso de tomates que no cumplan los requisitos de esta categoría ni tampoco los requisitos mínimos, quedando excluidos los productos que presenten podredumbre, magulladuras pronunciadas u otras alteraciones que los hagan impropios para el consumidor. Tomate de racimo, 10% en número o peso de tomate separado del tallo.
	Tolerancias de calibre	En el caso de todas las categorías: un 10 % en número o en peso de tomates que correspondan al calibre inmediatamente inferior o superior al calibre especificado, con un mínimo de 33 mm para los tomates redondos y asurcados y de 28 mm para los tomates oblongos
	Para todas las categorías, el 10 %, en número o en peso, de los tomates que no satisfagan los requisitos relativos al calibre, pero que tengan un diámetro mayor o menor de 10 mm de calibre indicado.	

Evaluación de la adición en suelo arenado de materia orgánica, con y sin solarización sobre producción y calidad de tomate (*Lycopersicon esculentum* cv. Amilda)

FRUTECO		CASI																							
Definición del producto	-Redondo -Asurcado	Definición del producto	-Redondo -Asurcado -Oblongos o Alargados																						
Requisitos mínimos de calidad	-Enteros -Limpios -Aspecto fresco -Sanos (se excluye podredumbre) -Exentos de olor y sabor anormales.	Requisitos mínimos de calidad.	-Enteros -Limpios -Aspecto fresco -Sanos (se excluye podredumbre) -Exentos de olor y sabor anormales.																						
	<table border="1"> <tr> <td>Calidad Categoría extra</td> <td>-Calibre "GGG" (más de 102 mm), "GG" (de 82 a 102 mm) y "G" (de 67 a 81 mm) -Firmes, con buena calidad. -Homogéneos en maduración, coloración y tamaño. -La parte visible del envase será representativa del conjunto.</td> <td>Calibres</td> <td>-Tomate larga vida: 9 (de 82 a 102 mm), 8 (de 67 a 82 mm), 7 (de 57 a 67 mm) y 6 (de 47 a 57 mm) -Tomate pera: 8 (de 67 a 82 mm), 7 (de 57 a 67 mm), 6 (de 47 a 57 mm) y 5 (de 40 a 47 mm) -Tomate liso: 10 (102 mm y +), 9 (de 82 a 102 mm), 8 (de 67 a 82 mm) y 7 (de 57 a 67 mm)</td> </tr> <tr> <td>Calidad Categoría I</td> <td>-Tomate blando -Tomate deforme -Tomate rayado o con grietas</td> <td>Homogeneidad</td> <td>-En cada bulto, los frutos serán del mismo origen, calidad, variedad y calibre. -La parte visible del contenido ha de ser representativa del conjunto -En Categoría I, homogeneidad en color y madurez</td> </tr> <tr> <td>Calidad Categoría II</td> <td>-Calibre "M" (de 57 a 66 mm) y "MM" (de 47 a 56 mm) -Firmes, con buena calidad -Homogéneos en maduración, coloración y tamaño -La parte visible del envase será representativa del conjunto. -Tolerancia de calidad y calibre de hasta un 10 % de tomates clasificados en la categoría II</td> <td>Calidad Categoría I</td> <td>-Buena calidad -Exentos de dorso verde aparente -Pueden representar ligeros defectos de forma, desarrollo, coloración, epidérmicos y superficiales</td> </tr> <tr> <td>Calidad Tolerancia</td> <td>-Insuficiente firmeza -Grietas sin cicatrizar -No mantengan las características de calidad y presentación de la variedad</td> <td>Calidad Categoría II</td> <td>-Deben ser firmes y no presentar grietas sin cicatrizar -Se aceptan grietas cicatrizadas de 3 cm de longitud máxima Pueden presentar un defecto de forma, desarrollo, coloración, epidérmico o magulladuras que no afecten gravemente al fruto.</td> </tr> <tr> <td>Calidad No apto</td> <td>-Defectos de forma, desarrollo y coloración -Ligeras magulladuras -Grietas cicatrizadas de 3 cm de longitud máxima</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Calidad Apto</td> <td>Hasta un 10 % de calidad y tamaño de tomates que no correspondan a la categoría.</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Calidad Categoría extra	-Calibre "GGG" (más de 102 mm), "GG" (de 82 a 102 mm) y "G" (de 67 a 81 mm) -Firmes, con buena calidad. -Homogéneos en maduración, coloración y tamaño. -La parte visible del envase será representativa del conjunto.	Calibres	-Tomate larga vida: 9 (de 82 a 102 mm), 8 (de 67 a 82 mm), 7 (de 57 a 67 mm) y 6 (de 47 a 57 mm) -Tomate pera: 8 (de 67 a 82 mm), 7 (de 57 a 67 mm), 6 (de 47 a 57 mm) y 5 (de 40 a 47 mm) -Tomate liso: 10 (102 mm y +), 9 (de 82 a 102 mm), 8 (de 67 a 82 mm) y 7 (de 57 a 67 mm)	Calidad Categoría I	-Tomate blando -Tomate deforme -Tomate rayado o con grietas	Homogeneidad	-En cada bulto, los frutos serán del mismo origen, calidad, variedad y calibre. -La parte visible del contenido ha de ser representativa del conjunto -En Categoría I, homogeneidad en color y madurez	Calidad Categoría II	-Calibre "M" (de 57 a 66 mm) y "MM" (de 47 a 56 mm) -Firmes, con buena calidad -Homogéneos en maduración, coloración y tamaño -La parte visible del envase será representativa del conjunto. -Tolerancia de calidad y calibre de hasta un 10 % de tomates clasificados en la categoría II	Calidad Categoría I	-Buena calidad -Exentos de dorso verde aparente -Pueden representar ligeros defectos de forma, desarrollo, coloración, epidérmicos y superficiales	Calidad Tolerancia	-Insuficiente firmeza -Grietas sin cicatrizar -No mantengan las características de calidad y presentación de la variedad	Calidad Categoría II	-Deben ser firmes y no presentar grietas sin cicatrizar -Se aceptan grietas cicatrizadas de 3 cm de longitud máxima Pueden presentar un defecto de forma, desarrollo, coloración, epidérmico o magulladuras que no afecten gravemente al fruto.	Calidad No apto	-Defectos de forma, desarrollo y coloración -Ligeras magulladuras -Grietas cicatrizadas de 3 cm de longitud máxima			Calidad Apto	Hasta un 10 % de calidad y tamaño de tomates que no correspondan a la categoría.		
Calidad Categoría extra	-Calibre "GGG" (más de 102 mm), "GG" (de 82 a 102 mm) y "G" (de 67 a 81 mm) -Firmes, con buena calidad. -Homogéneos en maduración, coloración y tamaño. -La parte visible del envase será representativa del conjunto.	Calibres	-Tomate larga vida: 9 (de 82 a 102 mm), 8 (de 67 a 82 mm), 7 (de 57 a 67 mm) y 6 (de 47 a 57 mm) -Tomate pera: 8 (de 67 a 82 mm), 7 (de 57 a 67 mm), 6 (de 47 a 57 mm) y 5 (de 40 a 47 mm) -Tomate liso: 10 (102 mm y +), 9 (de 82 a 102 mm), 8 (de 67 a 82 mm) y 7 (de 57 a 67 mm)																						
Calidad Categoría I	-Tomate blando -Tomate deforme -Tomate rayado o con grietas	Homogeneidad	-En cada bulto, los frutos serán del mismo origen, calidad, variedad y calibre. -La parte visible del contenido ha de ser representativa del conjunto -En Categoría I, homogeneidad en color y madurez																						
Calidad Categoría II	-Calibre "M" (de 57 a 66 mm) y "MM" (de 47 a 56 mm) -Firmes, con buena calidad -Homogéneos en maduración, coloración y tamaño -La parte visible del envase será representativa del conjunto. -Tolerancia de calidad y calibre de hasta un 10 % de tomates clasificados en la categoría II	Calidad Categoría I	-Buena calidad -Exentos de dorso verde aparente -Pueden representar ligeros defectos de forma, desarrollo, coloración, epidérmicos y superficiales																						
Calidad Tolerancia	-Insuficiente firmeza -Grietas sin cicatrizar -No mantengan las características de calidad y presentación de la variedad	Calidad Categoría II	-Deben ser firmes y no presentar grietas sin cicatrizar -Se aceptan grietas cicatrizadas de 3 cm de longitud máxima Pueden presentar un defecto de forma, desarrollo, coloración, epidérmico o magulladuras que no afecten gravemente al fruto.																						
Calidad No apto	-Defectos de forma, desarrollo y coloración -Ligeras magulladuras -Grietas cicatrizadas de 3 cm de longitud máxima																								
Calidad Apto	Hasta un 10 % de calidad y tamaño de tomates que no correspondan a la categoría.																								
Calidad Tolerancia	Hasta un 10 % de calidad y tamaño de tomates que no correspondan a la categoría.																								

Evaluación de la adición en suelo arenado de materia orgánica, con y sin solarización sobre producción y calidad de tomate (*Lycopersicon esculentum* cv. Amilda)

<p>Definición del producto</p>	<p>-Tomate redondo en racimo</p>	<p>-Tomate redondo en racimo</p>
<p>Requisitos mínimos de calidad.</p>	<p>-Enteros -Limpios -Aspecto fresco -Sanos (se excluye podredumbre) -Exentos de olor y sabor anormales.</p>	<p>-Enteros -Limpios -Aspecto fresco -Sanos (se excluye podredumbre) -Exentos de olor y sabor anormales.</p>
<p>Categoría extra</p>	<p>Apto</p> <p>-Racimo de calibre "G" (de 67 a 82 mm) -El racimo será al menos de cuatro piezas -Firmes, con buena calidad -Homogéneos en maduración, tamaño y coloración (no se admiten verdes en las puntas) -Los tallos del racimo han de estar frescos y sanos. Limpios de residuos (sulfatos, Blanco España, arena, etc.) y libres de hojas de cualquier materia extraña</p>	<p>Calibre</p> <p>-8 (de 67 a 82 mm), 7 (de 57 a 67 mm) y 6 (de 47 a 57 mm)</p>
<p>Tolerancia</p>	<p>-Tolerancia de calidad y calibre hasta un 10 % de tomates clasificados en la categoría I</p>	<p>Homogeneidad</p> <p>-En cada bulto, los frutos serán del mismo origen, calidad variedad y calibre. -La parte visible del contenido ha de ser representativa del conjunto -En Categoría I, homogeneidad en color y madurez -Se permiten ramos de 2 o 3 unidades y ramos con 4 o más unidades de diferente calibre</p>
<p>Categoría I</p>	<p>-El racimo será al menos de cuatro piezas -Firmes, con buena calidad -Homogéneos en maduración, tamaño y coloración (no se admiten verdes en las puntas) -Los tallos del racimo han de estar frescos y sanos. Limpios de residuos (sulfatos, Blanco España, arena, etc.) y libres de hojas de cualquier materia extraña</p>	<p>Categoría I</p> <p>-Buena calidad -Exentos de dorso verde aparente -Puede presentar ligeros defectos de forma, desarrollo, coloración, epidérmico y superficiales -Mínimo de 4 unidades por racimo</p>
<p>Categoría II</p>	<p>-Deben ser firmes y no presentar grietas sin cicatrizar -Se aceptan grietas cicatrizadas de 3 cm de longitud máxima -Pueden presentar un defecto de forma, desarrollo, coloración, epidérmico o magulladuras que no afecten gravemente al fruto. -Se permiten ramos de 2 o 3 unidades y ramos con 4 o más unidades, de diferente calibre</p>	<p>Categoría II</p> <p>-Deben ser firmes y no presentar grietas sin cicatrizar -Se aceptan grietas cicatrizadas de 3 cm de longitud máxima -Pueden presentar un defecto de forma, desarrollo, coloración, epidérmico o magulladuras que no afecten gravemente al fruto. -Se permiten ramos de 2 o 3 unidades y ramos con 4 o más unidades, de diferente calibre</p>

1. INTERÉS Y OBJETIVOS

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3. MATERIAL Y MÉTODOS

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.

CONCLUSIONES

6.

BIBLIOGRAFÍA

7.

ANEJOS