



**UNIVERSIDAD DE ALMERÍA**  
**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**  
**TITULACIÓN DE INGENIERO AGRÓNOMO**

Efecto de diferentes tipos y dosis de compost sobre la germinación, crecimiento y calidad de plántulas de sandía injertada, bajo semillero industrial especializado

**ALUMNO:**

Iván Alonso García

**DIRECTORES:**

Dr. D. Francisco Camacho Ferre

D. Manuel Díaz Pérez

ALMERÍA, ABRIL DE 2011

## ÍNDICE GENERAL

**Pág.**

1. INTERÉS Y OBJETIVOS.....	1
1.1. Interés.....	2
1.1.1. Problemática generada por los residuos orgánicos biodegradables.....	2
1.1.1.1. Generación y gestión de residuos sólidos agrícolas (RSA).....	3
1.1.1.2. Generación y gestión de residuos de la industria vitivinícola.....	5
1.1.1.3. Generación y gestión de residuos urbanos (RU).....	6
1.1.1.3.1. Lodos de depuradora (LD).....	7
1.1.1.3.2. Residuos sólidos urbanos.....	10
1.1.2. Aplicación de compost en semilleros industriales especializados en planta hortícola.....	15
1.2. Objetivos.....	16
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1. Introducción.....	19
2.2. Semilleros hortícolas.....	19
2.2.1. Definición.....	19
2.2.2. Evolución y estadísticas.....	20
2.2.3. Legislación y para semillas, sustratos y semilleros hortícolas.....	21
2.2.3.1. Semillas.....	21
2.2.3.2. Sustratos.....	22
2.2.3.3. Semilleros.....	22
2.2.4. Estructuración de un semillero.....	24
2.2.4.1. Estructura organizativa.....	25
2.2.4.2. Estructura física.....	26
2.2.5. Instalaciones.....	29
2.2.5.1. Maquinaria de siembra.....	29
2.2.5.2. Cámara de germinación.....	34
2.2.5.3. Cámara de cultivo.....	35
2.2.5.4. Taller de injertos.....	35
2.2.5.5. Banquetas de cultivo.....	36
2.2.5.6. Sistema de riego.....	37
2.2.5.7. Sistemas de tratamientos fitosanitarios.....	38
2.2.5.8. Climatización.....	39
2.2.6. Enfermedades.....	42
2.2.6.1. Bacterias relevantes en los cultivos de semilleros hortícolas.....	42
2.2.6.2. Hongos relevantes en los semilleros hortícolas.....	43
2.2.6.3. Enfermedades víricas relevantes en semillero.....	44
2.2.7. Tipos de bandejas.....	45
2.2.7.1. Funciones de la bandeja de semillero.....	45
2.2.7.2. Materiales.....	46
2.2.7.3. Dimensiones de las bandejas.....	49
2.2.7.4. Elección de los alvéolos.....	50
2.2.7.5. Fundas para bandejas.....	51
2.2.7.6. Desinfección de las bandejas.....	52
2.2.8. Semilleros ecológicos.....	52
2.2.8.1. Introducción.....	52
2.2.8.2. Requisitos.....	53

2.2.8.2.1. Infraestructuras.....	54
2.2.8.2.2. Materiales.....	57
2.2.8.2.3. Manejo.....	59
2.2.9. Producción integrada en semilleros.....	60
2.3. Sustratos para semilleros hortícolas.....	61
2.3.1. Definición.....	61
2.3.2. Introducción.....	61
2.3.3. Evolución.....	62
2.3.4. Características de los sustratos.....	63
2.3.4.1. Propiedades físicas.....	64
2.3.4.1.1. Granulometría.....	64
2.3.4.1.2. Densidad y porosidad.....	65
2.3.4.1.3. El agua en el sustrato.....	66
2.3.4.1.4. Solubilidad de los gases.....	67
2.3.4.2. Propiedades químicas.....	68
2.3.4.2.1. pH.....	68
2.3.4.2.2. Capacidad de intercambio catiónico.....	69
2.3.4.2.3. Capacidad tampón.....	70
2.3.4.2.4. Conductividad eléctrica.....	70
2.3.4.2.5. Contenido en ácidos húmicos o fúlvicos.....	70
2.3.4.3. Propiedades biológicas.....	72
2.3.5. Materiales que se utilizan o pueden utilizarse como sustrato de cultivo.....	72
2.3.6. Clasificación de sustratos.....	73
2.3.7. Tipos de sustratos.....	73
2.3.7.1. Perlita.....	73
2.3.7.2. Vermiculita.....	74
2.3.7.3. Turbas.....	74
2.3.7.3.1. Clasificación y propiedades.....	75
2.3.7.4. Fibra de coco.....	76
2.3.7.5. Lana de roca.....	77
2.3.8. Legislación de sustratos.....	77
2.4. Compost.....	78
2.4.1. Breve historia y definiciones.....	78
2.4.2. Normativa.....	78
2.4.3. Residuos para compost: los residuos hortícolas y su problemática en la horticultura almeriense.....	79
2.4.4. Compostaje.....	81
2.4.4.1. Definición.....	81
2.4.4.2. Etapas y clasificación de los sistemas de Compostaje.....	82
2.4.5. Factores que influyen en el Compostaje.....	85
2.4.5.1. Parámetros de seguimiento.....	85
2.4.5.1.1. Temperatura.....	85
2.4.5.1.2. Humedad.....	85
2.4.5.1.3. pH.....	86
2.4.5.1.4. Aireación.....	86
2.4.5.2. Parámetros relativos a la naturaleza del sustrato.....	87
2.4.5.2.1. Tamaño de partícula.....	87
2.4.5.2.2. Relaciones C/N y C/P.....	87
2.4.5.2.3. Nutrientes.....	87

2.4.5.2.4. Materia orgánica.....	88
2.4.5.2.5. Conductividad eléctrica.....	88
2.4.6. Mejora de las propiedades físico-químicas de los compost.....	88
2.4.7. Métodos para determinar la madurez de un compost.....	89
2.4.8. Utilización de los compost en los semilleros agrícolas.....	90
2.4.8.1. Efectos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas.....	91
2.4.8.2. Ensayos de compost.....	91
2.5. Residuos.....	93
2.5.1. Definición.....	93
2.5.2. Tipos de residuos.....	94
2.5.2.1. Residuos urbanos.....	94
2.5.2.1.1. Residuos sólidos urbanos.....	94
2.5.2.1.1.1. Composición y características.....	95
2.5.2.1.1.2. Destino.....	96
2.5.2.1.1.3. Gestión de R.S.U.....	97
2.5.2.1.1.4. Normativa.....	97
2.5.2.1.2. Lodos de depuradora.....	97
2.5.2.1.2.1. Composición y características.....	98
2.5.2.1.2.2. Gestión de lodos.....	99
2.5.2.2. Residuos sólidos agrícolas.....	99
2.5.2.2.1. Características.....	100
2.5.2.3. Residuos vitivinícolas.....	101
2.6. El cultivo de la sandía.....	101
2.6.1. Historia y usos de la sandía.....	101
2.6.2. Descripción botánica de la planta.....	102
2.6.3. Morfología de los órganos vegetativos y productivos.....	102
2.6.4. Exigencias climáticas de la sandía.....	103
2.6.5. Necesidades medias de agua y extracciones del cultivo.....	104
2.7. El injerto en hortalizas.....	105
2.7.1. Definición y finalidad del injerto.....	105
2.7.2. El injerto en cucurbitáceas.....	106
2.7.3. Unión del injerto.....	106
2.7.4. Factores que influyen en la unión del injerto.....	107
2.7.5. Incompatibilidad.....	108
2.7.6. Interacción patrón-variedad.....	109
2.7.7. Métodos de injerto en cucurbitáceas.....	110
2.7.8. El injerto en sandía.....	115
2.8. Calidad de plántula.....	116
2.9. Características de la planta y estrés post-trasplante.....	118
2.10. Semillas.....	119
2.10.1. Definición.....	119
2.10.2. Biología de las semillas.....	120
2.10.2.1. Floración.....	120
2.10.2.2. Fecundación y maduración.....	120
2.10.2.3. Letargo.....	120
2.10.3. Fisiología de la germinación.....	121
2.10.3.1. Fases en la germinación.....	121
2.10.3.2. Hormonas implicadas en la germinación.....	122
2.10.3.2.1. Giberelinas.....	122

2.10.3.2.2. Citoquininas.....	123
2.10.3.2.3. Ácido abscísico.....	123
2.10.4. Factores ambientales influyentes en la germinación.....	123
2.10.4.1. Humedad.....	123
2.10.4.2. Temperatura.....	124
2.10.4.3. Aireación.....	125
2.10.4.4. Luz.....	125
2.10.4.5. Salinidad.....	126
2.10.5. Principales factores que afectan a la germinación de la sandía.....	126
2.10.6. Producción de semilla.....	127
2.10.6.1. Evaluación de variedades.....	127
2.10.6.2. Producción de semilla comercial.....	127
2.10.6.3. Producción de semillas híbridas.....	128
2.10.7. Almacenamiento y conservación.....	128
<b>3. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>130</b>
3.1. Localización.....	131
3.2. Instalaciones.....	132
3.2.1. Descripción del semillero.....	132
3.2.2. Descripción de la estructura y dimensiones.....	132
3.2.3. Refrigeración.....	133
3.2.4. Calefacción.....	134
3.2.5. Maquinaria de siembra.....	135
3.2.6. Cámara de germinación.....	136
3.2.7. Sistema de riego.....	137
3.2.8. Sistema de tratamientos fitosanitarios.....	139
3.2.9. Otros.....	139
3.3. Diseño experimental.....	140
3.3.1. Sustratos utilizados.....	141
3.3.1.1. Preparación de las mezclas.....	142
3.3.2. Labores culturales.....	144
3.3.2.1. Siembra.....	144
3.3.2.2. Riegos.....	145
3.3.2.3. Tratamientos fitosanitarios.....	147
3.3.2.4. Injerto.....	149
3.3.2.5. Cámara de prendimiento.....	151
3.3.2.6. Corte del pie de sandía.....	152
3.4. Parámetros de medida en campo.....	153
3.4.1. Porcentaje de germinación.....	153
3.4.2. Parámetros morfológicos.....	154
3.4.3. Selección y transporte.....	155
3.5. Fase de laboratorio.....	155
3.5.1. Parámetros de medida en planta final.....	156
3.5.2. Preparación de las muestras.....	156
3.5.3. Secado de las muestras.....	157
3.5.4. Obtención de la biomasa total.....	157
3.5.5. Medida del área foliar.....	158
3.6. Análisis estadístico.....	159
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>160</b>

4.1. Efecto de la mezcla de sustratos sobre la evolución de la emergencia y el ratio de emergencia de plántulas.....	161
4.2. Propiedades químicas (pH y CE) de los sustratos.....	163
4.2.1. Conductividad eléctrica final e incremento de la conductividad según los tratamientos.....	163
4.2.2. Medidas de pH según los tratamientos.....	164
4.2.3. Estudio de los parámetros químicos (pH y CE) de los sustratos en función de la conductividad eléctrica inicial.....	166
4.3. Efecto de la mezcla de sustratos sobre la morfología de plántula.....	169
4.4. Efecto de la mezcla de sustratos sobre la masa seca de plántula.....	174
4.5. Efecto de la mezcla de sustratos sobre los índices de hoja.....	180
5. CONCLUSIONES.....	187
6. BIBLIOGRAFÍA.....	189

# **1. INTERÉS Y OBJETIVOS.**

## **1. INTERÉS Y OBJETIVOS.**

### **1.1. INTERÉS**

#### **1.1.1. Problemática generada por los residuos orgánicos biodegradables.**

En los últimos 15-20 años el aumento de la calidad de vida ha traído consigo que se doble la cantidad de Residuos Sólidos Urbanos que nuestras ciudades producen. Por otro lado la intensificación de los sistemas de cultivo en la cuenca mediterránea conlleva la generación de gran cantidad de residuos sólidos agrícolas (R.S.A.). Ambos residuos provocan graves problemas medioambientales: el agotamiento de recursos naturales y la acumulación de deshechos.

Más de  $1,8 \cdot 10^3$  millones de toneladas de residuos se generan anualmente en Europa, lo que supone 3,5 toneladas por habitante (EEA, 2006). Estos provienen principalmente de actividades comerciales, urbanas, industriales, agricultura, construcción, minería y la energía. Según la Agencia Europea del Medio Ambiente, se estima que los residuos sólidos urbanos (R.S.U.) suponen el 14% (252 millones de t) de los cuales el 60% (151,2 millones t) son degradables. Sin embargo, no dispone de una estimación precisa de los residuos agrícolas. En general se ha estimado que de la cantidad de materia orgánica que se produce cada año en la UE, 415 millones corresponden a residuos agrícolas, aunque las cantidades totales de estos residuos son muy difíciles de estimar debido a factores que varían de un año a otro como son cambios en las condiciones climáticas, comercio mundial, etc. (Van-Camp *et al.*, 2001)

Con estas cantidades tan elevadas es de vital importancia realizar una gestión adecuada. Todas las tendencias legislativas actuales en relación a la gestión de residuos se basan en la gestión integral de estos. La gestión integral implica desde la minimización en el origen hasta el final del producto. (Flotats y Solé, 2008)

Una posible alternativa al gran volumen de residuos sólidos urbanos, lodos de depuradora y restos vegetales generados es su reciclaje y reutilización mediante la fabricación de "Compost" resolviéndose el problema de eliminación de éstos, al tiempo que da un aporte de nivel orgánico al sustrato, elementos nutritivos agrícolas y aleja el peligro de contaminación por vertidos tanto urbanos como agrícolas, según Aguilera *et al.* (2005) el compostaje se presenta como una tecnología simple, de bajo coste y medioambientalmente correcta para el reciclaje de la materia orgánica dentro de un ciclo sostenible de este material.

Además de todos los beneficios que reporta la fabricación y uso de compost a partir de residuos, cabe destacar, la importancia de la agricultura intensiva del sudeste español, en la que se engloban los semilleros industriales, los cuales generan una elevadísima demanda de turbas procedentes del Centro y Norte de Europa, que son actualmente, la base de la mayoría de los sustratos comerciales para semilleros industriales, debido a sus excelentes propiedades químicas, físicas y biológicas. Las turbas son un recurso no renovable y de elevado precio, por lo que es necesario reducir su uso con otros materiales alternativos, los cuales, si a su vez provienen de residuos que generan problemas medioambientales y sociales, es una solución sostenible y eficaz para minimizar los problemas asociados a la actividad humana, según Raviv *et al.*

(2005) pueden ser utilizados como sustratos de bajo costo como sustitución a la turba además de ser potencialmente represivos contra diversas enfermedades.

Tan solo el alto contenido en sales de algunos compost desaconseja su uso para este uso tan específico. (Moldes *et al.*, 2007)

### **1.1.1.1. Generación y gestión de residuos sólidos agrícolas (RSA)**

Como se ha comentado anteriormente en la actualidad no se dispone de una estimación precisa de forma internacional o nacional de los residuos agrícolas generados en el mundo o España. El trigo, cebada y maíz generan la mayor cantidad de residuos. En segundo lugar se encuentran los cultivos hortofrutícolas y algunos cultivos forrajeros, destacando la producción de residuos de la remolacha azucarera en Europa y los restos de vid en España. Son también importantes los residuos de los cultivos oleaginosos derivados de la colza en Europa y del olivar en España. Finalmente cabe destacar también la cantidad de residuos que generan los cultivos forrajeros como la alfalfa y las praderas polífitas en ambas zonas. Los cultivos que generan más residuos con relación a la producción obtenida son: almendro (3,17), remolacha forrajera (2,5), colza (1,86), y los cereales en general (con una relación media de 1,32), si bien estos últimos se les debe prestar una consideración especial por la cantidad que generan. Van-Camp y *et al.*, (2001) y Martínez (2006).

El ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, en su Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) valido para el periodo 2008-2015 no cuantifica la producción nacional de residuos agrícolas ya que existe una gran cantidad de cultivos y aparece variabilidad de los residuos generados en todo el mundo, en la práctica, el método empleado para el cálculo de residuos se basa en multiplicar la producción mundial del cultivo por RPR (residue-product-ratio) estimado como valor medio de los distintos residuos de cada cultivo (Koopmans y Koppejan, (1998). En la práctica, la producción mundial que suele considerarse es la recogida en el anuario estadístico de la FAO. Es necesario señalar que el método tiene unos inconvenientes, ya que el RPR corresponde a un valor promedio de todo el intervalo de posibilidades de un cultivo, y este valor puede variar, según el sistema de producción, las condiciones de cultivo, tipo de variedad, etc. además, el contenido de humedad del residuo no es siempre tenido en cuenta en la obtención del RPR. Por todo ello, hay una alta variabilidad en la estimación de la cantidad de residuo agrícola generado (Bernal y Gondar, 2008).

Los residuos de cereales se utilizan con frecuencia en ganadería para la alimentación animal, y en la cama para el ganado. También se utilizan para la preparación de compost mediante co-compostaje de otros residuos (Bernal y Gondar, 2008).

En la figura 1 se muestran la distribución de los residuos de los cultivos comparando la producción a escala mundial, de la Unión Europea (UE) y de España. La distribución en el porcentaje en producción de residuos de trigo, maíz y algodón son similares. La diferencia más significativa está en la producción de residuos de arroz y soja, debido a que la producción de estos cultivos es mínima en toda Europa. Tanto en España como en el resto de Europa, el cultivo de la cebada es el que mayor porcentaje de residuos genera (Bernal y Gondar, 2008).

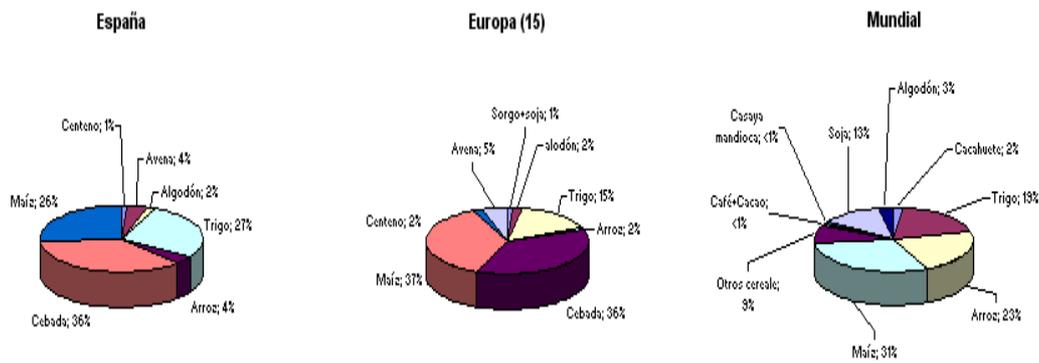


Figura 1. Distribución de los residuos de los cultivos comparando la producción a escala mundial.

Fuente: (Bernal y Gondar, 2008).

Para dar solución a la gran acumulación de residuos vegetales generados, la alternativa más aconsejable puede ser su reciclaje y reutilización fabricando compost, cuyo uso en la agricultura está demostrado pues aporta materia orgánica y elementos nutritivos. En Andalucía se disponen de 9 plantas de recuperación y compostaje de residuos agroindustriales (tabla 1).

Tabla 1. Plantas de recuperación y compostaje de residuos agroindustriales en Andalucía.

Planta	Provincia	Materias primas
Ejido Medioambiente, S.A	Almería	Restos vegetales
Albaida, Recursos Naturales y Medio Ambiente, S.A.	Almería	Restos vegetales
Turbas y Abonos Orgánicos “El Rocío”	Granada	Restos agroindustriales y estiércol
Abonos Orgánicos Biológicos. Aborgabi.	Huelva	Restos vegetales y agroindustriales
Fertilizantes Orgánicos Montaña. Fertiormont	Málaga	Restos vegetales
Recicladados Mijas	Málaga	Restos vegetales
Abonos Naturales Cejudo	Sevilla	Restos vegetales, agroindustriales y estiércol
Fertilizantes Orgánicos Melguizo. Naturplant	Sevilla	Restos vegetales y agroindustriales
Tratamientos y Suministros Maderas del Sur	Sevilla	Restos vegetales y estiércol

Fuente: Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, 2007.

### 1.1.1.2. Generación y gestión de residuos de la industria vitivinícola

La uva es una de las frutas más abundantes en el mundo, con más de 60 millones de toneladas de producción anual, el 70 % de las cuales son para la producción de vino (OIV, 2003). Los principales países productores de vino se encuentran en la Cuenca Mediterránea, siendo Francia, Italia y España los más importantes productores y por consiguiente donde los problemas medioambientales generados por estos residuos son mayores. (Cegarra y Paredes, 2008)

La industria de producción del vino genera aguas residuales y residuos sólidos tales como el orujo, lías y raspón. El orujo contiene el hollejo de la uva o piel de los granos de uva, la pulpa y las semillas de los mismos. Las lías están compuestas por los componentes del vino que sedimentan después de la fermentación, las cuales no sólo se componen de levaduras vivas o muertas y otros microorganismos, sino también de una amplia serie de otras sustancias como albúmina, pigmentos, tartratos cálcicos y potásicos, así como componentes de la pulpa de la uva. El raspón está constituido por el pedúnculo o tronco principal del racimo, escobajo o estructura de soporte de los granos de uva y pedicelo o unión del grano con el escobajo. Por último las aguas residuales resultan del agua empleada en operaciones tales como el acondicionamiento del fruto y limpieza de los equipos empleados en la recepción de la vendimia, en la vinificación, en los trasiegos y en los filtrados. (Bernal y Gondar, 2008)

Estos efluentes contienen dos categorías principales de contaminantes por un lado, las materias primas y los productos acabados como raspones, semillas, pulpas, mostos, fangos, lías o incluso vinos arrastrados durante los diversos lavados o durante derrames accidentales y por otro, los productos utilizados para las operaciones de encolado, las filtraciones o para la limpieza y la eliminación de tartrato de las cubas. (Vogt *et al.*, 1986; Torrijos y Moletta, 2000, citado por Cegarra y Paredes, 2008)

El orujo es el residuo sólido más importante y representa el 20-30 % del peso total de uva procesada. Este residuo incluye la piel, semillas y pulpa de las uvas y tiene un contenido medio de humedad del 60 %. (Bernal y Gondar, 2008)

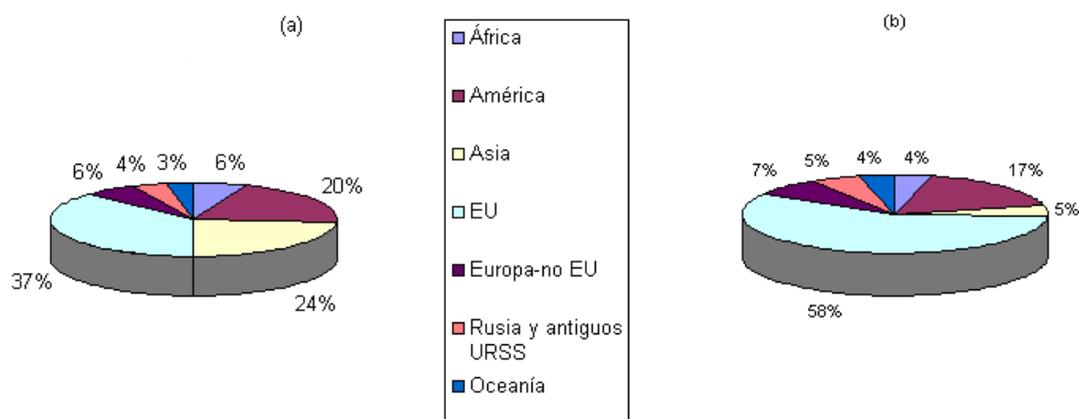


Figura 2. Distribución de (a) la producción mundial de uva (total 62.717 x 10<sup>3</sup> toneladas; OIV, 2003) y (b) la producción mundial de vino (total 266.728 x 10<sup>3</sup> hl, OIV, 2003)

Fuente: (Bernal y Gondar, 2008).

La generación de residuos sólidos y líquidos por parte de la industria vinícola y alcoholera es muy importante a nivel cuantitativo, considerando el papel preponderante de España en la producción de vino a nivel europeo y mundial (el tercero tras Francia e Italia). La producción mundial de vino se sitúa en  $266,7 \cdot 10^6$  hl (OIV, 2003), siendo el 58 % producido en la UE ( $155,2 \cdot 10^6$  hl; OIV, 2003), seguido por América con un 17% del total.

En España se producen aproximadamente unos  $46 \cdot 10^6$  hl/año de vino (<http://www.fao.org>) lo que genera unos 329.000 t/año de raspón, 920.000 t/año de orujo, 394.000 t/año de lías y  $28 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/año de aguas residuales (Vogt *et al.*, 1986; KEPOS, 2000). En Europa las cifras se sitúan en 110 t/año de raspón,  $3.104 \cdot 10^3$  t/año de orujo,  $2.284 \cdot 10^3$  t/año de lías y  $95 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/año de aguas residuales. A nivel mundial las cantidades alcanzarían  $1.907 \cdot 10^3$ ,  $5.335 \cdot 10^3$ ,  $2.285 \cdot 10^3$  t/año de raspón, orujo y lías respectivamente y  $162 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/año de aguas residuales. A esta gran generación de residuos se unen los problemas de almacenamiento de los mismos debido a que tienen un marcado carácter estacional que está ligado a la actividad de las bodegas (septiembre-noviembre). (Bernal y Gondar, 2008)

Los orujos y las lías pueden considerarse como subproductos, ya que tienen cierto valor económico y son utilizados por otras industrias para su destilación, regulada por el reglamento comunitario de la organización común del mercado vitivinícola. En las alcoholeras se extrae un residuo sólido, el orujo agotado, y un residuo líquido, la vinaza. No se han encontrado datos de producción de estos residuos, estando solamente referenciadas las cantidades de orujos y de lías que se destilan. En el año 2000 se destilaron en España aproximadamente unas 480.000 toneladas de orujo y 220.000 toneladas de lías (MAPA, 2004), con lo cual la generación de residuos cabe esperar que fué alta.

Algunos de los métodos de aprovechamiento de los subproductos y residuos vitivinícolas se pueden resumir en (Bustamante, 2007): Extracción de alcohol vínico por destilación de los orujos y las lías, que se utiliza en la elaboración de aguardiente de orujo y como alcohol para otro tipo de bebidas (brandy, licores, etc.) y para la obtención de alcohol etílico de gran pureza (alcohol rectificado); Obtención de compuestos fenólicos, tales como antocianos, catequinas, taninos, ácidos fenólicos, cianidinas y estilbenos, algunos con propiedades antioxidantes; Extracción del aceite de semillas mediante prensado y extracción con disolventes, la calidad del aceite es excelente, prácticamente libre de colesterol y alto en vitamina E; Obtención de proteínas y fibra alimentaria de las pepitas y los hollejos de los orujos para la elaboración de suplementos dietéticos: Valorización energética debida a la alta capacidad calorífica de los residuos sólidos, como los hollejos; Valoración agronómica mediante la incorporación al suelo del orujo y el raspón ha sido una práctica tradicional en la fertilización del suelo.

Recientemente se ha planteado el compostaje como una alternativa para el reciclado de estos residuos (Bustamante, 2007), principalmente para el orujo desalcoholizado.

### **1.1.1.3. Generación y gestión de residuos urbanos (RU).**

Los residuos urbanos comprenden todos los residuos que provienen de actividades humanas, normalmente se encuentran en estado sólido y que son desechados como

inútiles o superfluos. Y se entiende genéricamente como tales aquellos producidos por cualquier actividad en núcleos de población o en su zona de influencia, es decir, residuos generados en el ámbito domiciliario (Alonso *et al.*, 2003)

### **1.1.1.3.1. Lodos de depuradora (LD).**

Los lodos se refieren al residuo sólido que resulta de la depuración de aguas residuales, por ello se generan básicamente en los países desarrollados donde está extendida la implantación de sistemas de depuración de aguas de uso humano. Su mayor producción se concentra en áreas de alta industrialización y/o núcleos de población relativamente significativos. (Bernal y Gondar, 2008)

La reutilización de estos lodos es controvertida debido a que por un lado tienen un gran potencial para la fertilización de suelos agrícolas (ya que son ricos en materia orgánica y elementos fertilizantes como nitrógeno y fósforo) y por otro porque pueden contener elevadas concentraciones de metales pesados, compuestos orgánicos difícilmente degradables así como microorganismos patógenos (virus, bacterias, etc.) presentes en las aguas residuales. La transformación mediante compostaje o anaerobia para la producción de biogás son alternativas para su reciclado. (Bernal y Gondar, 2008)

En general este tipo de residuo se elimina mediante el vertido en aguas continentales, reutilización, disposición en vertederos e incineración. En la Unión Europea la progresiva implantación de la Directiva 91/271/EEC de 1991 sobre el tratamiento de residuos urbanos por parte de los Estados Miembros, ha hecho incrementar la cantidad de lodos que se generan con la depuración de aguas residuales.

De esta manera, para 13 Estados Miembros de la Unión Europea de 15 (no se ha obtenido información acerca de Italia y Suecia), la cantidad de lodos producida procedentes de la depuración de aguas residuales ha incrementado de  $5,5 \cdot 10^6$  toneladas (peso seco) por año en 1992 hasta 7,9 en el 2000, siendo la cantidad estimada inicialmente por la Directiva para el 2005 de aproximadamente 8,3 millones de toneladas. (Bernal y Gondar, 2008)

España es el cuarto país de la UE que más lodos genera con un 13 % del total, lo que supone entre unos 1.050 y  $1.100 \cdot 10^3$  toneladas por año (datos estimados por la Comisión Europea que son del mismo orden que los suministrados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2004). (Bernal y Gondar, 2008)

En cuanto al destino de estos residuos a lo largo del periodo que recoge la Comisión Europea, se observa una evolución hacia una mayor reutilización (aproximadamente el 50 % del total de lodos) e incineración de los mismos. (Bernal y Gondar, 2008)

Por lo que se refiere a la utilización de lodos en agricultura, siete Estados miembros (Bélgica-Región Valona, Dinamarca, España, Francia, Irlanda, el Reino Unido y Hungría) señalan que el 50 % o más de los lodos que generan lo aplican sobre el suelo. No obstante, ese porcentaje es inferior al 17 % en Finlandia, Suecia y Eslovenia, y en Grecia, los países bajos, Bélgica (Flandes), Eslovaquia y la República Checa se aplica una cantidad muy baja o incluso nula de lodos sobre suelos agrícolas. En algunos Estados miembros se registra una tendencia decreciente que podría explicarse por una mayor preocupación de la población respecto a la seguridad de la utilización de lodos en agricultura. (Bernal y Gondar, 2008)

Desde el punto de vista agronómico, nos encontramos con una problemática debido a la cierta heterogeneidad en la gestión y regulación de lodos en España por parte de las distintas Comunidades Autónomas: en unas la autoridad competente en esta materia está ubicada en la Consejería de Agricultura (hay que recordar que la Orden de 23 de octubre de 1993 fue promulgada por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) y en otras en la Consejería de Medio Ambiente. A esto hay que agregar que la propia implementación del RD 1310/1990 depende en unos casos de una Consejería y en otros de otra. Además, en el aspecto jurídico hay cierta confusión en todos los aspectos y derivaciones posibles de su gestión.

En las figuras 3, 4 y 5 se resume la evolución de la generación y gestión de los LD en España en el período 1997-2005.

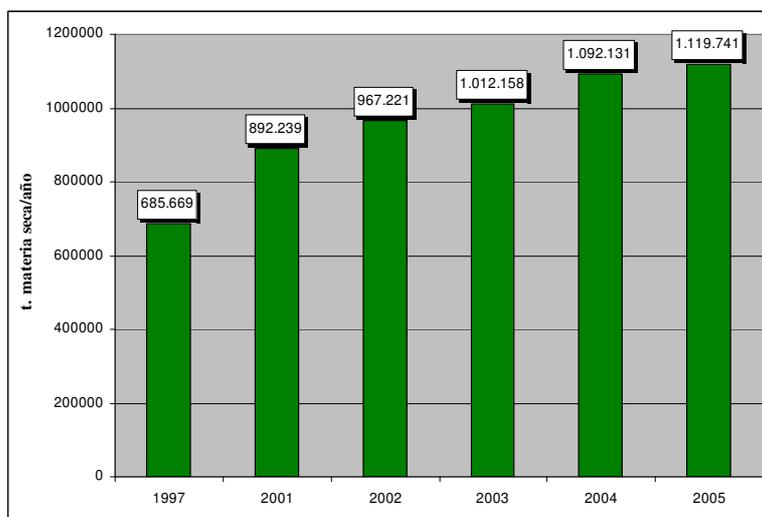


Figura 3. Evolución de la generación anual de LD (t materia seca/año)

Fuente: Registro Nacional de lodos del MAPA.

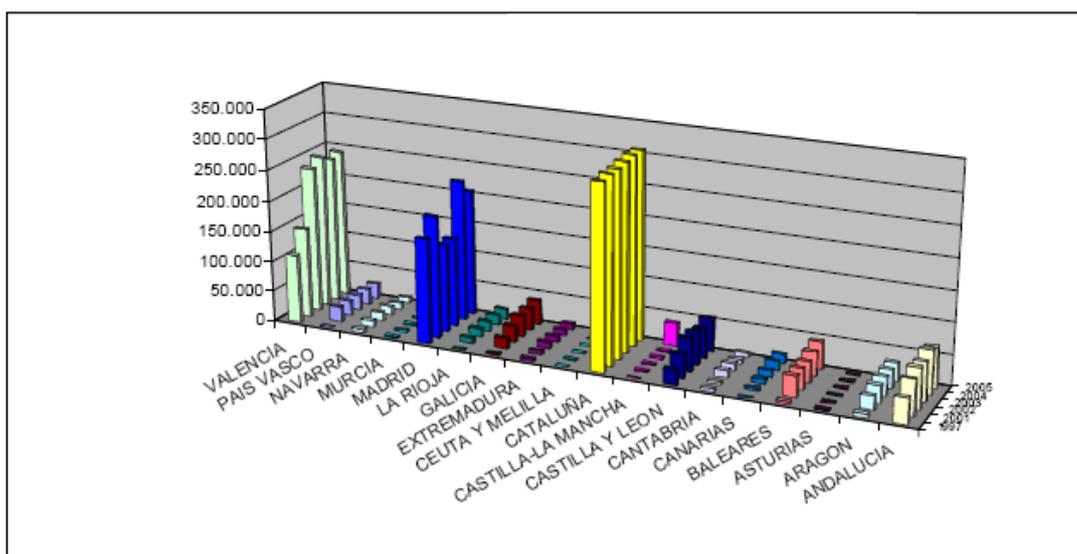


Figura 4. Evolución de la generación de LD, por CCAA (1997-2005).

Nota: Registro Nacional de Lodos de Depuradora

De estos LD se ha destinado a valorización agrícola una parte muy significativa. La evolución en este periodo de tiempo del uso agrícola de LD ha sido la siguiente:

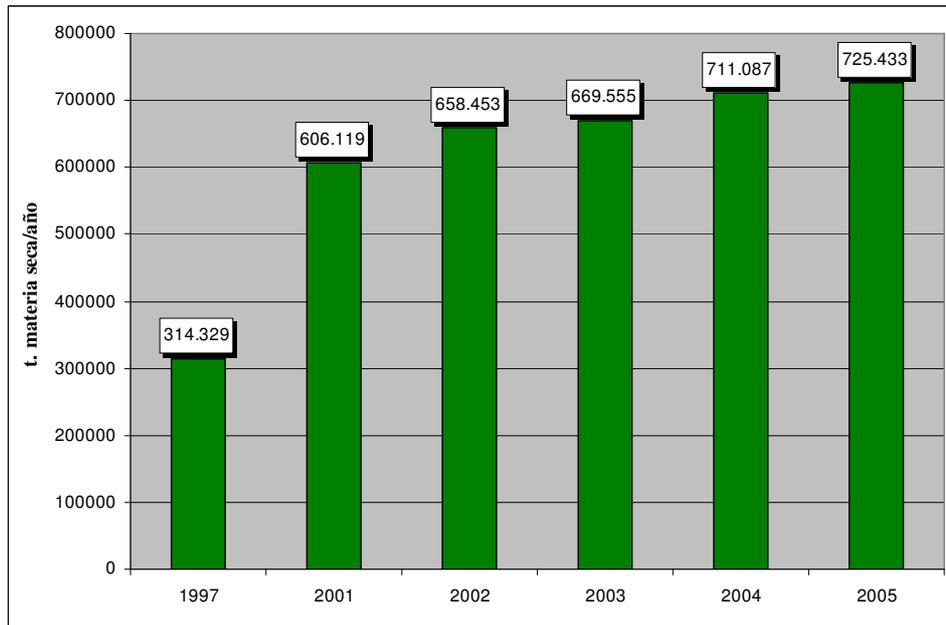


Figura 5. Evolución de la valorización agrícola de LD (t materia seca/año)

Fuente: Registro Nacional de Lodos del MAPA.

En lo que respecta a los contenidos en metales pesados de los LD declarados al Registro del MAPA, en figura 6 se indican los valores medios de siete metales pesados en el periodo 1997-2005.

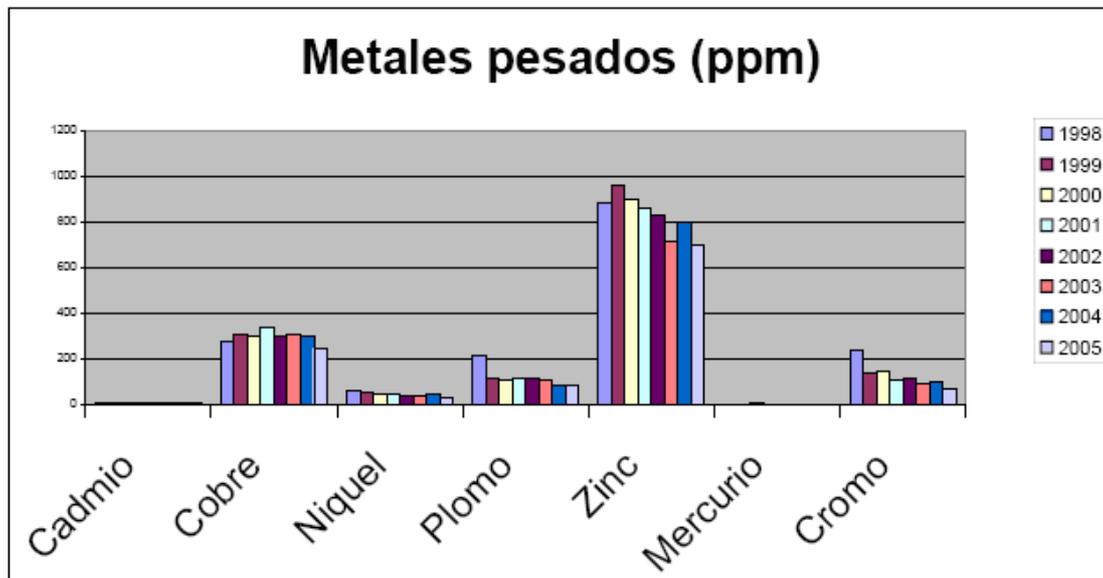


Figura 6. Valores medios de siete metales pesados en el periodo 1997-2005.

Fuente: Registro Nacional de Lodos del MAPA.

### 1.1.1.3.2. Residuos sólidos urbanos.

De 1995 a 2003 la producción de RSU en Europa ha crecido constantemente en un 2 % anual, desde  $204 \cdot 10^6$  toneladas (457 por habitante) hasta  $243 \cdot 10^6$  toneladas (534 kg. por habitante) (Eurostat, 2005). La producción es mayor en los antiguos miembros de la UE (574 kg/habitante) que en los nuevos socios (312 kg/habitante). (Bernal y Gondar, 2008)

Los RSU procedentes de la UE se destinan a vertedero, a incineración y a diversas formas de tratamiento. Desde el año 2000 se aprecia un claro descenso (10%) del RSU a vertedero en la UE, aumentando la fracción sometida a tratamiento, lo que indica la tendencia a buscar vías alternativas de reciclado frente al vertedero. La directiva europea 1999/31/EC sobre el vertido de residuos limita la cantidad de RSU degradable que puede ser vertido en 2006 al 75 % de la cantidad producida en 1995, para el 2009 al 50 % y para el 2016 al 35 %. Lo que hace preciso el desarrollo de estrategias basadas en el reciclado de la fracción orgánica mediante tratamientos aeróbicos (compostaje) o anaeróbicos (digestión para la producción de biogas) o mediante el pre-tratamiento del residuo, antes de su vertido controlado mediante incineración, tratamientos mecánicos o biológicos. (Bernal y Gondar, 2008)

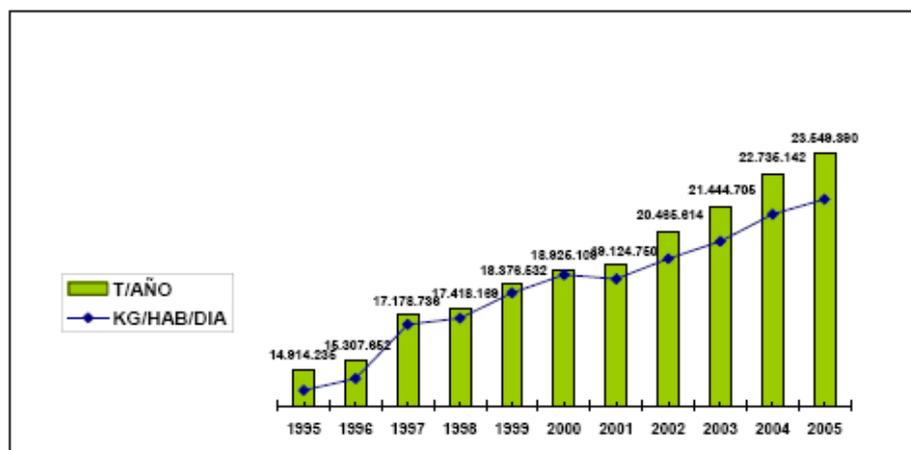
La composición media estimada de los RU en España es la siguiente:

***Tabla 2. Composición media de los residuos urbanos.***

<b>Componente</b>	<b>Composición media (%)</b>
<b>Materia orgánica</b>	44
<b>Papel-cartón</b>	21
<b>Plástico</b>	10,6
<b>Vidrio</b>	7
<b>Metales férricos</b>	3,4
<b>Metales no férricos</b>	0,7
<b>Maderas</b>	1
<b>Otros</b>	12,3
<b>TOTAL</b>	100

*Fuente: (Bernal y Gondar, 2008)*

La situación presente, caracterizada por un aumento constante de la generación de RU *per capita* se presenta en la siguiente figura:



*Figura 7. Generación de residuos urbanos.*

*Fuente: Plan nacional integrado de residuos.*

La evolución de las tasas de reciclaje de los RE, por materiales, se resume en la tabla siguiente:

**Tabla 3. Tasas de valorización y reciclaje de residuos de envase en España en el periodo 1997-2005: Evolución de los objetivos de valorización y reciclado de residuos de envases alcanzados en España.**

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
<b>R</b> Valoración global	37 %	37 %	42 %	44 %	50 %	50 %	48 %	53 %	56 %
<b>E</b> Reciclado global	34 %	34 %	38 %	40 %	44 %	44 %	43 %	47 %	50 %
<b>C</b>									
<b>I</b> Vidrio	37 %	37 %	38 %	31 %	33 %	36 %	38 %	41 %	44 %
<b>C</b> Papel - Cartón	52 %	52 %	54 %	58 %	64 %	60 %	57 %	63 %	69 %
<b>L</b>									
<b>A</b> Metales	23 %	22 %	24 %	34 %	38 %	39 %	45 %	56 %	60 %
<b>D</b> Plásticos	7 %	9 %	14 %	17 %	19 %	20 %	20 %	20 %	21 %
<b>O</b>									
<b>O</b> Madera	-	-	-	-	-	-	37 %	43 %	44 %

*Fuente: Informe nacional sobre aplicación de la Directiva 94/62, elaborado por el MMA.*

La fracción orgánica, constituye alrededor del 45-48% del total de los RU, de acuerdo con la información disponible, a continuación se indican algunos datos acerca de los volúmenes de residuos biodegradables recogidos y gestionados, así como sobre las infraestructuras disponibles:

Efecto de diferentes tipos y dosis de compost sobre la germinación, crecimiento y calidad de plántulas de sandía injertada, bajo semillero industrial especializado.

**Tabla 4. Estimación de la evolución temporal de la recogida mixta / recogida selectiva de la fracción orgánica (1999-2003).**

AÑO	Entrada a plantas de triaje y compostaje (t/a)		Nº de plantas	
	Recogida	mixta	Recogida	selectiva
1999	3.284.067	26	24.619	6
2000	4.065.054	27	48.800	9
2001	4.447.724	25	85.741	14
2002	5.438.811	43	167.165	16
2003	5.801.872	49	232.731	16

Fuente: CCAA

**Tabla 5. Residuos biodegradables (t/a), procedentes de los RU, destinados a tratamientos biológicos (2005).**

CCAA	(1) FV+FO Recog. Selectiva	(2) Estimación de RUB en RSU	(3) (RSU)
Andalucía			
Aragón	0,0	0,0	0,0
Asturias	8.069		
Baleares		14.422	
Cantabria		38.633	
Castilla-La Mancha			165.130
Castilla y León			41.292
Cataluña	204.794	91.791	103.508
C.Valenciana	19.444		1.622.901
Extremadura		84.182	
Galicia			4.336
Madrid	18.929		110.873
Murcia			
Navarra		8.256	
País Vasco	10.235		
La Rioja	750		
Ceuta			
Melilla			
<b>Total</b>	<b>262.221</b>	<b>237.284</b>	<b>2.088.040</b>

Fuente: CCAA

(1) Residuos de poda, jardinería y fracción orgánica recogidos selectivamente; (2) Fracción biodegradable de los RSU (estimación de las CCAA); (3) Datos sobre RSU aportados por las CCAA sin cuantificar la fracción biodegradable; FV = fracción verde, residuos de poda y jardinería; FO = Fracción orgánica de RU; RUB = Residuos urbanos biodegradables.

Efecto de diferentes tipos y dosis de compost sobre la germinación, crecimiento y calidad de plántulas de sandía injertada, bajo semillero industrial especializado.

**Tabla 6. Número y capacidad de las plantas de compostaje existentes (2005).**

Plantas de compostaje existentes en España.	Nº de plantas	Capacidad (t/a)
Recogida selectiva (1)	27	314.313
R.Selectiva + R. Mixta (2)	4	429.972
Recogida mixta (3)	85	6.080.152
<b>Totales</b>	<b>96</b>	<b>6.844.437</b>

Fuente: MMA, CCAA, IGME

(1) Plantas de compostaje de recogida selectiva; tratan FO y FV; (2) Plantas de compostaje de recogida mixta; tratan residuos de recogida en masa; (3) Plantas de compostaje de recogida selectiva y de recogida mixta; tratan la FO procedente de recogida selectiva ubicadas junto a los digestores anaerobios que tratan mezclas de residuos.

**Tabla 7. Número y capacidad de las instalaciones de incineración (2005).**

CCAA	Nº de instalaciones	Capacidad (t/año)
Andalucía	4	-
Aragón	No hay	-
Asturias	No hay	-
Baleares	1	328.013
Canarias	1	10.051
Cantabria	1	96.000
Castilla La Mancha	No hay	-
Castilla y León	No hay	-
Cataluña	4	650.000
C.Valenciana		
Extremadura	No hay	-
Galicia	1	450.000
Madrid	1	219.000
Murcia		
Navarra	No hay	-
País Vasco	1	280.000
La Rioja	No hay	-
Ceuta		
Melilla	1	39.737
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	<b>1.976.801</b>

Fuente: CCAA.

(1) Una instalación pública y otra privada, ambas para animales de compañía.

(2) Crematorio de animales domésticos.

Efecto de diferentes tipos y dosis de compost sobre la germinación, crecimiento y calidad de plántulas de sandía injertada, bajo semillero industrial especializado.

**Tabla 8. Número y capacidad de las plantas de digestión anaerobia (2005).**

<b>Biometanización</b>	<b>Nº de plantas</b>	<b>Capacidad (t/a)</b>
RSU	8	374.510
FO SEECT y RSU	4	497.525
<b>Totales</b>	<b>12</b>	<b>872.035</b>

Fuente: MMA, CCAA, IGME.

**Tabla 9. Cantidades (t) de residuos urbanos biodegradables (RUB) y RSU vertidos (2005).**

<b>CCAA</b>	<b>RB</b>	<b>RSU</b>
<b>Andalucía</b>		
<b>Aragón</b>	191.409(3)	538.878(4)
<b>Asturias</b>	309.983	
<b>Baleares</b>		
<b>Cantabria</b>	92.476	
<b>Castilla-La Mancha</b>	9.782	
<b>Castilla y León</b>	41.292(1)	
<b>Cataluña</b>	1.317.000	
<b>C. Valenciana</b>	142.241	
<b>Extremadura</b>	152.500(2)	
<b>Galicia</b>		
<b>Madrid</b>	1.696.971	2.372.029
<b>Murcia</b>		
<b>Navarra</b>	132.314	
<b>País vasco</b>		774.564
<b>La Rioja</b>	65.822	
<b>Ceuta</b>		
<b>Melilla</b>		
<b>TOTAL</b>	<b>4.151.790</b>	<b>3.685.471</b>

Fuente: CCAA

- (1) Este dato no se ha incluido en los cálculos; se desconoce el año al que corresponde.
- (2) Dato correspondiente a una estimación realizada por la CA para el 2008. No se incluye en el total.
- (3) Fuente: Memoria del Medio Ambiente de Aragón (2004-2005). Depto Medio Ambiente.
- (4) De acuerdo con el "Estudio de caracterización de los Residuos Sólidos Urbanos. Estudio 1", realizado por la empresa TECNOMA para el Ministerio de Medio Ambiente en el año 1999, los RU poseían un 35,52 % de material de origen orgánico potencialmente biodegradable.

Nota: Estas cifras hay que tomarlas como estimaciones aproximadas, que en algún caso pueden contener errores, ya que la información que ha servido de base para la elaboración del cuadro ha sido incompleta y, cuando se ha dispuesto de datos, los criterios de cuantificación no han sido los mismos en todas las CCAA.

Algunos problemas específicos sobre la fracción biodegradable son; la escasa implantación de la recogida selectiva de la fracción orgánica de los RSU, la escasa demanda de compost para uso agrícola, debida, en buena medida, a la baja calidad del compost obtenido hasta ahora, la insuficiente regulación jurídica de la calidad y los usos del compost, ciertas disposiciones en materia agronómica que prohíben o limitan el uso del compost, que podrían ser revisadas partiendo de la base de un compost de alta calidad, la inexistencia de ayudas directas al uso del compost, y la inexistencia de una directiva de la UE sobre el compostaje. La propuesta de una directiva sobre residuos biodegradables formaba parte del mandato del Consejo de Ministros de Medio Ambiente a la Comisión, en el marco de la estrategia europea de protección del suelo.

### **1.1.2. Aplicación de compost en semilleros industriales especializados en planta hortícola.**

La mayoría de los viveros y semilleros industriales en el mundo basan sus sistemas de producción en el empleo de turba como base del sustrato para la producción de plántula debido a sus excelentes propiedades químicas, físicas y biológicas.

Se puede decir, que una de las materias primas por excelencia para sustrato en semilleros especializados en producir planta hortícola en el sureste español, son sustratos de naturaleza orgánica, tales como las turbas, tanto rubias como negras.

La turba se obtiene de los humedales, los cuales, debido a la sobreexplotación que están sufriendo, se están agotando rápidamente, causando las preocupaciones ambientales que han dado lugar a muchos a los países a limitar su extracción. El enorme uso que ha experimentando la utilización de turba como componente de sustratos en semilleros, o como enmiendas a suelos a lo largo del tiempo, ha hecho que se convierta en un recurso agotable, lo que ha conducido a incrementar su precio debido a la elevadísima demanda de turbas procedentes de países Centro y Norte de Europa como Finlandia, Alemania, etc.

La explotación continuada de las turberas ha provocado el agotamiento de los recursos y la degradación del ecosistema donde se encuentran localizadas. Las turbas son un recurso no renovable y de elevado precio, por tanto, es necesario reducir su uso con otros materiales alternativos, los cuales, si a su vez provienen de residuos que generan problemas medioambientales y sociales, es una solución sostenible y eficaz para minimizar los problemas asociados a la actividad humana. Esto, junto con la enorme presión social por aparcar a un lado su empleo, y hacer uso de recursos alternativos, hacen viable la ejecución del presente trabajo monográfico.

La combinación de turba y compost para sustrato de semillero tiene un efecto sinérgico; la turba mejora la aireación y retención de agua y el compost aporta fertilización (Chong, 2005). No obstante, hay que considerar que las propiedades físicas y químicas y los materia base de los residuos que van a dar origen al compost pueden cambiar con el tiempo, por lo que deben de ser evaluados con carácter local y en el tiempo (Hernández-Apaolaza *et al.*, 2005).

Los compost provenientes de RSU, LEDAR, Orujo de vid y restos vegetales con frecuencia tienen un alto contenido de sal, y que puede ser el criterio más importante

que limita la posible utilización como sustrato (Chong, 2005). Otras limitaciones para su uso se incluye el posible presencia de contaminantes (elementos traza, productos químicos orgánicos, vidrio), el potencial de fitotoxicidad (inmadurez y / o nivel de sal, el pH) y las diferencias en las especies respuestas (Ostos *et al.*, 2007).

En este contexto, investigaciones sobre compost proveniente de RSU, LEDAR, Orujo de vid y restos vegetales como alternativas a la turba (Guerrero *et al.*, 2002; Bugbee, 2002; Sterrett *et al.*, 1983; Alcoverro y Vázquez. 2006; Celdón *et al.*, 2006, Díaz *et al.*, 2002 y 2004). Estos autores han sugerido que algunos materiales orgánicos compostados podrían ser usados como materiales para una sustitución parcial la turba en determinados cultivos.

Se han estudiado también residuos de cultivos o de la industria agroalimentaria como sustratos para semilleros. Así, Mazuela *et al.*, (2005) usaron 4 tipos de compost, mezclas de: residuos vegetales de invernaderos (RV)/cáscara de almendra, RV/restos de ficus, RV/alperujo y RV/paja como sustratos en semilleros de melón; las plantas tuvieron un peso seco total, una altura del tallo y un número de hojas menores que las crecidas con turba, aunque no hubo diferencias para el área foliar, volumen radical y diámetro del tallo.

Pese a existir trabajos sobre el uso del compost proveniente de RSU, Orujo de vid y restos vegetales, como sustrato de semillero en plantas hortícolas, es un camino que todavía está en estudio. Por otro lado según Abad *et al.*, (1997), la primera etapa de la evaluación agronómica de un residuo es la caracterización del mismo, con objeto de conocer sus propiedades físicas (espacio poroso total, relaciones aire-agua), físico-químicas (pH, salinidad, etc.) y químicas (nutrientes asimilables, metales pesados, etc.) de estas dos ideas nacen los objetivos de este proyecto.

## **1.2. OBJETIVOS.**

Los ensayos recogidos en el presente proyecto han sido concebidos con el fin de establecer un patrón de recomendación sobre la dosificación óptima de compost en las mezclas de semillero, así como determinar qué tipo de compost es el más adecuado.

El objetivo principal es evaluar el comportamiento fitotóxico de compost procedente de procesos de compostaje y co-compostaje de biomasa vegetal generada por la actividad hortícola intensiva (RSA), residuos sólidos urbanos (RSU) y orujo de vid, como sustrato de semillero. Para demostrar la viabilidad de dichos compost así como su validez como sustrato en semillero sobre el cultivo de sandía, se sometieron a control de aspectos físico-químicos, equilibrios nutricionales y niveles de metales pesados. Estos antecedentes permitieron valorar posibles riesgos y restricciones de uso que deberán considerar para iniciar la plantación en semillero.

Por tanto, con este trabajo se pretende evaluar los efectos de la composición de distintas mezclas de sustratos a base de turba rubia, compost proveniente de RSU, orujo de vid y restos vegetales, perlita y vermiculita, sobre la calidad de plántula mediante los siguientes parámetros:

1) Parámetros físico-químicos antes y después del ensayo.

- pH.
- CE.

2) Evolución de parámetros morfológicos:

- Emergencia de plántula.
- Altura de planta.
- Diámetro del tallo.
- Número de hojas.

3) Parámetros e índices morfológicos finales:

- Superficie foliar.
- Peso seco de raíces, tallos y hojas.
- Coeficiente de ahilamiento.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.**

### **2.1. INTRODUCCIÓN.**

Los compost han venido empleándose mayoritariamente en agricultura como abonos y enmiendas orgánicas del suelo, sin embargo en los últimos años ha surgido un nuevo e importante campo de aplicación al utilizarse también como sustrato o componentes de sustratos para el cultivo sin suelo. Esta técnica se ha desarrollado con éxito como alternativa al cultivo convencional de flores y plantas hortícolas sobre suelos naturales, degradados o contaminados por cultivos repetitivos y el empleo masivo de fertilizantes químicos y plaguicidas. (Carmona y Abad, 2008).

En España, los sustratos mas extendidos para la producción de hortalizas son de naturaleza inorgánica tales como lana de roca, la perlita o arena. Por el contrario los semilleros para la producción de plántulas hortícolas utilizan sustratos de naturaleza orgánica, principalmente turba *Sphagnum* y fibra de coco debido a sus óptimas cualidades. Sin embargo el elevado precio de ambos materiales y la fuerte dependencia de los países productores y exportadores, unido al hecho de que la turba es un recurso natural difícilmente renovable cuya extracción provoca la destrucción de zonas de alto valor ecológico, han fomentado el interés de los consumidores de turba por la búsqueda de nuevos materiales, a ser posible autóctonos y con disponibilidad local, como sustitutos de la misma. (Carmona y Abad, 2008)

La preocupación por la explotación de las turberas está plasmada en la Directiva Comunitaria “Directiva Hábitats 92/43/CEE del consejo (de 2 de Mayo de 1992), relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestre”, que recoge en su lista de hábitats naturales en degradación, las turberas ácidas de esfagnos y las turberas calcáreas.

Muchos residuos y subproductos de naturaleza orgánica generados por actividades agrarias, industriales o urbanas, adecuadamente compostados, están siendo utilizados con éxito, puros o en mezclas entre ellos y con turba como constituyentes de medio de cultivo, esto significa una valorización de dichos residuos y subproductos además de una contribución eficaz a la solución del problema medioambiental que plantea su acumulación y eliminación. (Carmona y Abad, 2008).

### **2.2. SEMILLEROS HORTÍCOLAS.**

#### **2.2.1. Definición.**

Tradicionalmente el semillero se ha entendido como una parcela de cultivo con la suficiente protección para llevar a cabo la germinación de semillas y el cuidado de las plántulas en su primer estadio de desarrollo, hasta el momento de transplante.

Actualmente los semilleros profesionales son empresas de servicios destinadas exclusivamente a la producción de plantas, transformando las semillas en plántulas con las debidas garantías vegetativas y fitosanitarias, ofreciendo un asesoramiento técnico

en la elección de variedades, fechas óptimas de transplante, seguimiento post-transplante y recomendaciones de cultivo idóneas (De la Torre, 1999).

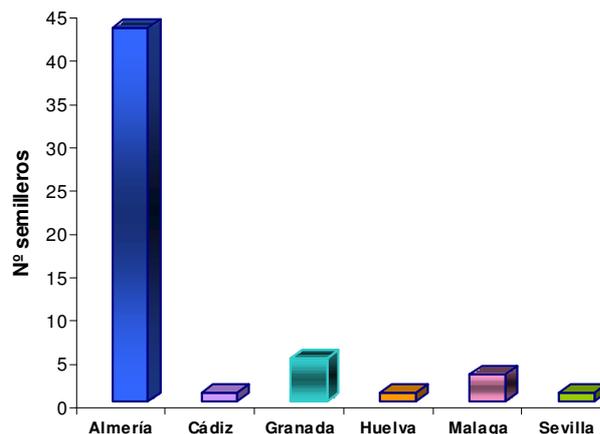
### 2.2.2. Evolución y estadísticas.

El avance de la horticultura mediterránea de los últimos treinta años ha llevado consigo el desarrollo paralelo de industrias auxiliares como es el caso de los semilleros.

En los años 60 y 70 los agricultores producían sus propias plantas por el sistema tradicional de almáciga realizando transplantes a raíz desnuda, además existía un comercio de plántulas entre los propios agricultores.

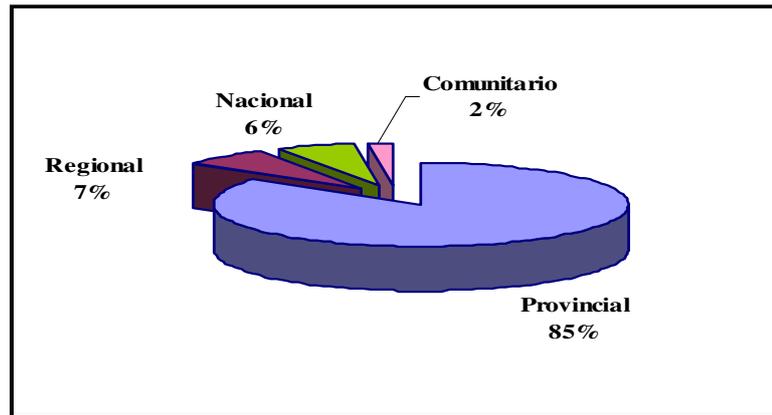
Posteriormente se produjo el primer semillero profesional andaluz en la población de El Ejido, sufriendo en los años siguientes un auge, desde los primeros semilleros comerciales con producción de planta en bloques de turba cultivados directamente sobre el suelo, pasando por la producción de planta sobre contenedores multiloculares (bandejas), hasta la actualidad con el uso de nuevas tecnologías, es decir, uso de programadores de riego y clima, tratamientos fitosanitarios, cámaras de germinación, cámaras de cultivo, cabezales de siembra, ect.

Los semilleros hortícolas en su doble faceta de germinadores de semillas y productores de plántulas de calidad, son un eslabón esencial de la cadena productiva de cultivos intensivos, siendo esta trascendencia aún mayor en la horticultura de Almería debido a la magnitud de sus cifras productivas (Gázquez, 1996), que reflejan el desarrollo paralelo de semilleros y cultivos protegidos habiendo censados en 2005, 75 semilleros agrupados en 52 empresas, ocupando una superficie de 106 ha.



*Figura 8. Numero de semilleros existentes en Andalucía  
Fuente: ASEHOR. Año 2005.*

Prácticamente y a excepción de la siembra directa, toda hortaliza plantada se ha producido en un semillero, lo que da una idea de la importancia de éste sector, siendo Almería la provincia líder con aproximadamente un total de 1.100 millones de plántulas al año.



*Figura 9. Destino de la producción de plántulas de hortalizas.*

*Fuente: ASEHOR. Año 2005*

### **2.2.3. Legislación para semillas, sustratos y semilleros hortícolas.**

Independientemente de la legislación que regula la actividad del sector, haremos referencia a la legislación que existe para los sectores de materias primas o productos que influyen de forma directa en la producción de plántulas: semillas y sustratos (De la Torre, 2003).

#### **2.2.3.1. Semillas.**

##### **Legislación española:**

- Ley 30/2006 de Semillas y Plantas de Vivero y Recursos Filogenéticos.
- Reglamento General sobre Producción de Semillas y Plantas de Vivero.
- Ley 43/2002 de 20 de Noviembre, Ley de Sanidad Vegetal (BOE 21-11-2002).
- Orden de 17 de mayo de 1993 por la que se establece las obligaciones a las que están sujetos los productores, comerciantes e importadores de vegetales, productos vegetales y otros objetos, así como las normas detalladas para su inscripción en un Registro Oficial (BOE 20-05-1993).
- Real Decreto 58/2005 de 21 de enero por el que se adoptan medidas de protección contra la introducción y difusión en el territorio nacional y de la Comunidad Europea de organismos nocivos para los vegetales y productos vegetales, así como para la exportación y tránsito hacia países terceros (BOE 22-01-2005).
- Orden de 1 de julio de 1985 MAPA, por la que se aprueba el Reglamento Técnico de Control y Certificación de Semillas de Plantas Hortícolas.

##### **Legislación Comunitaria:**

- Directiva 2000/29/CE del Consejo de 8 de mayo de 2000: Relativa a las medidas de protección contra la introducción en la Comunidad de

Organismos Nocivos para los vegetales o productos vegetales y contra su propagación en el interior de la Comunidad.

- Decisión 2004/200/CE: Decisión de la Comisión de 27 de febrero de 2004, medidas contra la introducción y propagación en la comunidad del virus del mosaico de pepino. Desde 3 de Marzo de 2004 (DOUE 02-03-2004).
- Directiva 70/458/CEE del Consejo de 29 de septiembre de 1970, relativa a la Comercialización de Semillas Hortícolas.
- Directiva 90/654/CEE del Consejo, (Diario Oficial de las Comunidades Europeas nº L353 del 17-12-1990) que modifica la anterior directiva 70/458/CEE, relativa a la Comercialización de Semillas Hortícolas.

Dicha Directiva no especifica que se realicen controles sobre la calidad fitosanitaria de la semilla (virus, hongos o bacterias), siendo las propias productoras y/o comercializadoras las que garantizan una calidad “estándar” en términos de germinación y pureza, así como los tratamientos realizados de desinfección (De la Torre, 2003).

### **2.2.3.2. Sustratos.**

La mayoría de los materiales utilizados como sustratos para la germinación y desarrollo de las plántulas son turbas de importación, perlita, vermiculita, fibra de coco o bloques de lana de roca, sobre los cuales no existe un control de calidad y fitosanitario, y una legislación específica que regule dicho sector.

La normativa existente al respecto es muy escasa y poco clara:

- Normativa sobre Turbas y Substratos MAPA, 1987 (BOE nº 146 de 19/07/91).
- Real Decreto 2071/93, MAPA (BOE nº 300 de 16/12/93).
- DECISIÓN DE LA COMISIÓN de 15 de diciembre de 2006 por la que se establecen criterios ecológicos revisados y los requisitos correspondientes de evaluación y comprobación para la concesión de la etiqueta ecológica comunitaria a sustratos de cultivo.

Los productos como: turbas, perlita, vermiculita, etc., se encuentran registrados por el MAPA en el registro de Productos Fertilizantes y Afines (De la Torre, 2003).

### **2.2.3.3. Semilleros.**

Los semilleros hortícolas están regulados por una extensa y complicada normativa compuesta por: Directivas de la CEE, Reales Decretos y Órdenes del MAPA y Resoluciones de las distintas Comunidades Autónomas.

#### **Legislación básica española:**

- Ley 43/2002 de 20 de noviembre, Ley de Sanidad Vegetal (BOE 21-11-2002).
- Orden de 17 de mayo de 1993, por la que se establece la normalización de los pasaportes fitosanitarios destinados a la circulación de determinados vegetales y otros objetos dentro de la Comunidad y por la que se establecen los procedimientos para la expedición de tales pasaportes y las condiciones y procedimientos para su sustitución (BOE 20-05-1993).
- Real Decreto 58/2005 de 21 de enero por el que se adoptan medidas de protección contra la introducción y difusión en el territorio nacional y de la Comunidad Europea de los organismos nocivos para los vegetales y productos vegetales, así como para la exportación y tránsito hacia países terceros (BOE 22-01-2005).
- Orden de 28 de octubre de 1994, por la que se aprueba el Reglamento Técnico de Control de la Producción y Comercialización de Plantones de Hortalizas y Material de Multiplicación de Hortalizas, distinto de las semillas (BOE 04-11-94).
- Orden de 9 de marzo de 1992, por la que se establecen las bases fitosanitarias para la producción de plantales de hortalizas y material de reproducción de ornamentales (BOE 17-03-92).

#### **Legislación básica de la Unión Europea:**

- Directiva 2000/29/CE del Consejo de 8 de mayo de 2000, relativa a las medidas de protección contra la introducción en la Comunidad de Organismos Nocivos para los vegetales o productos vegetales y contra su propagación en el interior de la Comunidad.
- Directiva 92/33/CE del Consejo, de 28 de abril de 1992 (D.O.C.E. n° L157 del 10-06-92), relativa a la comercialización de plantones de hortalizas y de materiales de multiplicación de hortalizas, distintos a las semillas.
- Directiva 93/61/CE de la Comisión, de 2 de julio de 1993, por la que se establecen las fichas que contienen las condiciones que deben cumplir los plantones y material de multiplicación de hortalizas, distintos de las semillas, de conformidad con la Directiva 92/33/CEE del Consejo.
- Directiva 93/62/CE de la Comisión, de 5 de julio de 1993, por la que se establecen las disposiciones de aplicación para la vigilancia y control de los proveedores y establecimientos, en el marco de la Directiva 92/33/CEE del Consejo.

#### **Legislación autonómica:**

- Orden de 12 de diciembre de 2001 (BOJA n° 3 del 08-01-2002), por la que se establecen las medidas de control obligatorias así como las recomendadas en la lucha contra las enfermedades víricas en los cultivos hortícolas.
- Resolución de 11 de mayo de 1992, de la Dirección General de Agricultura y Ganadería de la J. A. (BOJA n° 46 del 28-05-92), por la

que se establecen normas fitosanitarias para la producción de plántulas de hortalizas y material de reproducción de ornamentales.

Las Directivas, Órdenes y Resoluciones afectan y obligan al sector semillero a cumplir lo siguiente (De la Torre, 2003):

- Deberán estar inscritos en los siguientes registros:
  - Registro Provisional de Productores de Plantas de Vivero.
  - Registro Oficial de Productores, Comerciantes e Importadores de Vegetales.
  - Registro y Autorización para expedir Pasaportes Fitosanitarios.
  - Certificado de Autorización para la venta de Semillas y Plantas de Vivero.
- Disponer de las instalaciones adecuadas:
  - Aislamiento general de las naves de producción.
  - Vados Fitosanitarios (uso de las batas y/o calzas desechables para visitas).
  - Ventilaciones cubiertas con mallas antiparásitas de menos de 1mm<sup>2</sup>.
  - Perímetro de naves cubierto con material impermeable de al menos 1m de ancho.
  - Instalación de desinfección de módulos, bandejas y material auxiliar.
- Utilizar semillas debidamente registradas y autorizadas.
- Desinfección mínima dos veces al año de las instalaciones.
- Mantener al máximo higiene y limpieza en todo el proceso de producción, naves adyacentes y almacenes.
- Mantener un Registro constante de las semillas sembradas (especie, variedad, cantidad, nº lote, entidad productora), de al menos durante un año.
- Llevar un Libro de Registro de tratamientos fitosanitarios y abonados realizados manteniéndolo al menos durante un año.
- Adoptar las medidas necesarias que garanticen la calidad fitosanitaria de semillas, turbas, agua, bandejas y otros medios de producción, informando de cualquier tipo de anomalía extraña que se presente.
- Expedir el Pasaporte Fitosanitario de todas las plantas que salgan para su trasplante.
- Disponer de un Técnico Titulado, responsable del Control Fitosanitario.

#### **2.2.4. Estructuración de un semillero.**

Cuando visitamos distintos semilleros podemos apreciar una gran variabilidad entre ellos. Encontramos uno más o menos tecnificados, otros que ofertan sólo el servicio de crianza de la planta o que venden planta completa, semilleros con una sola ubicación o con múltiples puntos de venta, con estructuras simples o altamente complejas, con base de producción en bandejas de poliestireno o en tacos de turba prensada. (López-Aparicio, 2005)

El fin de todos ellos es la producción de plántulas hortícolas de calidad, la diferencia principal entre los mismos estriba en que las peculiaridades de cada uno obligan a realizar ajustes en su organización para obtener el mismo resultado final.

Podemos diferenciar dos tipos de estructuras: la física y la organizativa (López-Aparicio, 2005).

### 2.2.4.1. Estructura organizativa.

El organigrama de las empresas suele ser piramidal, si bien es cierto que la jerarquía puede ser más o menos rígida. Un ejemplo de organigrama podría ser el que se presenta en la figura 10.

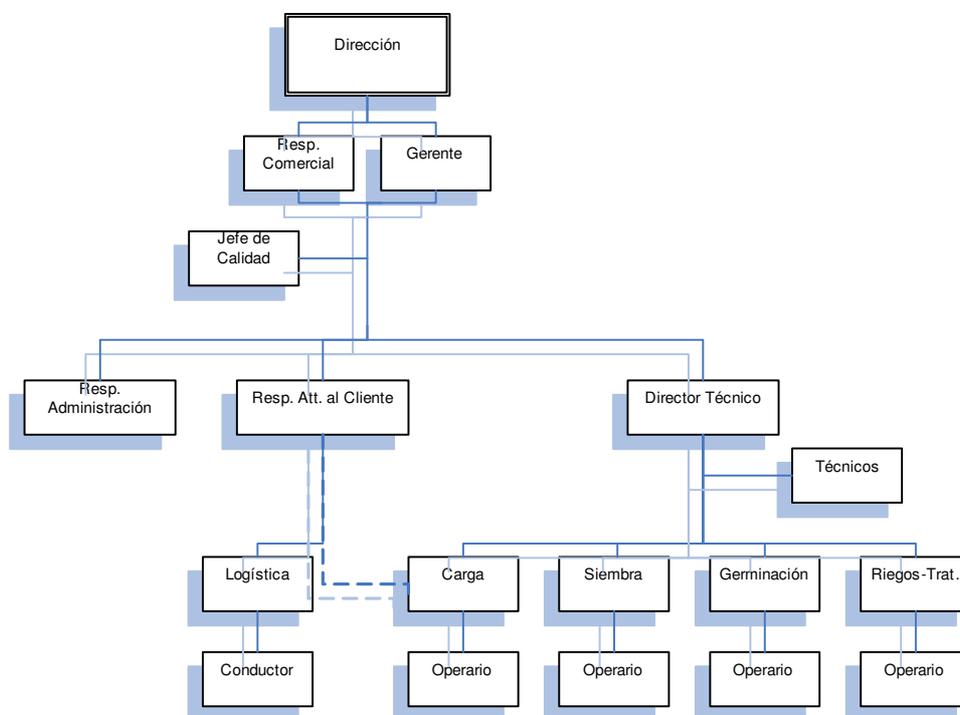


Figura 10. Diagrama de la estructura organizativa de un semillero

Evidentemente en empresas pequeñas la misma persona se encargará de más de una de las funciones arriba indicadas, en empresas grandes existirá un mayor grado de especialización.

La figura de la dirección puede adoptar formas muy diversas, desde un administrador único hasta una sociedad cooperativa. Mayoritariamente el día a día de la gestión se encuentra delegado en la figura del Gerente, que junto con el Responsable Comercial son los encargados de ejecutar las directrices marcadas por la Dirección.

El puesto de Jefe de Calidad se hace hoy en día prácticamente imprescindible, habida cuenta de que el mercado es cada vez más exigente en protocolos de aseguramiento de la misma.

El Departamento de Producción es la principal responsabilidad del Director Técnico, dentro de este departamento hemos sugerido las principales secciones que podemos encontrar, pero tal y como hemos comentado previamente, pueden existir más en función de las actividades que se realicen en el semillero. Este departamento está íntimamente relacionado con el de Atención al Cliente, que es el encargado de decepcionar pedidos, organizar la logística del transporte, etc. (López-Aparicio, 2005).

#### **2.2.4.2. Estructura física.**

Los tipos de estructuras que podemos realizar para la obtención de plantas son variadas, además, no sólo son las estructuras el factor que condiciona la calidad de la planta, aunque es indudable que tiene su repercusión sobre la misma. El “semillero especializado” es un sistema influido por múltiples variables, la actuación sobre una de ellas afecta a las demás, debiendo en el momento de la implantación de un semillero, estudiarlas de modo individualizado en función del objetivo.

El semillero especializado es una empresa de servicios, por tanto el lugar de implantación debe pensarse como situación estratégica. Lo ideal es una finca de fácil acceso, cercana a un nudo de comunicaciones y, con caminos asfaltados hasta su posición. La finca debe permitir realizar infraestructuras complementarias de edificios, aparcamientos, etc. Es imprescindible que cuente con energía eléctrica y una fácil instalación de telecomunicaciones. La finca debe ser de regadío, es decir tiene que estar dotada de agua y ésta debe ser de calidad.

En función del volumen de negocio que se prevea (número de plantas, tipo de plantas y/o volumen de ventas), todo va unido, se realizará el estudio de superficies, tanto de las zonas de producción como de equipamientos complementarios tales como oficinas, embalses, aparcamientos, etc.

En el diseño y dimensionamiento de las instalaciones deben de contemplarse zonas o áreas con fines concretos y que podríamos enunciar del siguiente modo (Cerdá y Camacho, 2005):

- a) Área de recepción del personal y de oficinas (clientes y proveedores).
- b) Área de almacenaje de insumos.
- c) Área de siembra y pregerminación.
- d) Área de cabezales de fertirrigación y aplicaciones fitosanitarias.
- e) Taller de injertos.
- f) Área de crianza de plantas.
- g) Despacho del producto acabado.
- h) Lavadero.
- i) Área de almacenaje de bandejas.
- j) Instalaciones complementarias y maquinaria complementaria necesaria.

A continuación realizaremos un estudio de estas áreas, las características de las mismas y los mínimos exigidos, mínimos que en caso de prever una producción muy limitada de planta, puede construirse en bloques, pero lo suficientemente separados para evitar las interferencias en el proceso y contemplando posibles ampliaciones futuras.

Queremos realizar la observación de que el criterio que se seguirá para la dotación de las distintas áreas en superficie y equipamiento, estimará como la mínima necesaria para un objetivo productivo de aproximadamente 10 millones de plantas.

**a) Área de recepción del personal y de oficinas (clientes y proveedores)**

Debe constar de un edificio que como mínimo tendrá una superficie de 45-50 m<sup>2</sup>. Este espacio estará dividido en varias dependencias, de modo general y lo más simple sería un pequeño hall de entrada, con despacho de atención al público que a su vez acoge la administración y el departamento técnico, un despacho confidente, una sala auxiliar para electrodomésticos, estanterías definitivas, etc., servicios y una caja fuerte. La superficie enunciada es mínima, a medida que se quiera tener mayor comodidad e imagen. Una mayor superficie y comodidad representa un costo económico a amortizar por la actividad.

Esta área debe de estar provista de una explanada que permita el aparcamiento de vehículos de los clientes y proveedores, de modo que no dificulten el proceso de funcionamiento en trasiego de la distinta maquinaria y transporte rodado con que cuente el semillero. Se puede estimar una superficie mínima de 1.200-1.500 m<sup>2</sup>.

**b) Área de almacenaje de insumos y cabezales de fertirrigación y aplicaciones fitosanitarias**

Normalmente en esta instalación se coloca el cabezal de riego y en estantes y armarios que cumplan las normativas exigibles se colocan los fertilizantes y los productos fitosanitarios. Para la producción prevista, con una nave de 50 m<sup>2</sup>, sería suficiente, no obstante una superficie mayor dará más comodidad en las operaciones a realizar en el interior de la misma. Este almacén, además alberga el cabezal de aplicaciones fitosanitarias, motores necesarios para el funcionamiento de los cabezales, compresor, estanterías, armarios, el ordenador de riego, el generador eléctrico, etc.

**c) Área de siembra y pregerminación, taller de injertos y lavadero**

Para la producción que estamos mencionando, necesitaríamos unos 350 m<sup>2</sup> aproximadamente de nave, en ella se instalaría la máquina de siembra, con su correspondiente red de riego, el taller que pueda acoger unas 8-10 personas para realizar injertos, un lavadero para las bandejas donde se puedan higienizar y desinfectar estas y una cámara de germinación de unos 48-50 m<sup>2</sup>. Esta área debe acoger parte del acopio de turbas y sustratos para alimentar las bandejas que van a pasar a siembra, además debe de tener un espacio suficiente que permita el manejo de los palés de bandejas una vez sembradas.

Este lugar es idóneo para la instalación de los sanitarios que se precisen en función de las normativas aplicables de sanidad.

**d) Área de crianza de plantas**

Es la parte del semillero que ocupa mayor superficie y la que implica un mayor costo en el total de la inversión.

La inmensa mayoría de las estructuras que se están poniendo en los semilleros se están construyendo en talleres especializados (multitúnel), son estructuras totalmente industrializadas donde sólo es necesario realizar en el lugar de la construcción el montaje, ya que las piezas que la conforman (pies, capiteles, arcos, etc.), vienen preparados para su instalación con tornillería y algunos cordones de soldadura.

También se están construyendo invernaderos metálicos, con formas multicapilla (raspa y amagado).

Cualquier instalación para realizar la crianza de plántulas debe de tener una serie de elementos que den seguridad en porcentaje muy elevado, más del 99%. Es importante la hermeticidad como modo de lucha contra plagas y enfermedades, también lo es el tener los máximos y mínimos biológicos asegurados (temperatura, humedad relativa y luz), bien con calefacción, con sombreos, ventilaciones adecuadas, etc.

Los sistemas de siembra en bandeja con los que trabajan en la mayoría de semilleros en España obligan a tener unos soportes, bien metálicos, de hormigón o mixtos que mantienen la bandeja separada del suelo. Por otro lado, la base bajo las bandejas debe quedar lo suficientemente sellada para evitar la emergencia de malezas y que a la vez impida que una cantidad importante de productos en riego y pulverización se alojen en las profundidades de suelo por deriva de la aplicación.

En cuanto a cubiertas, además de los plásticos que se colocan en el exterior sobre la estructura, hay una serie de materiales como pantallas aluminizadas, mallas de sombreo de diferentes colores y otros materiales que se colocan en el interior del invernadero, siempre con el objeto de una mejora del clima, bien bajando la temperatura o subiéndola según la época del año en que estemos utilizando las instalaciones.

#### **g) Despacho de producto acabado**

Esta área va, desde una pequeña superficie donde poder realizar el acopio de la planta en la bandeja que va a salir al campo, facilitando el acceso al transporte con su correspondiente muelle, hasta zonas climatizadas con finales de cintas transportadoras, donde se disponen los vehículos para su carga. En algunas ocasiones no se dispone de muelle, realizando la carga con plataformas elevadoras.

#### **h) Área de almacenaje de bandejas**

Esta área es un recinto cerrado donde se disponen las bandejas de siembra una vez se ha terminado su utilización. Una nave de unos 350 m<sup>2</sup> de superficie es suficiente para albergar las bandejas que se utilizan en una empresa.

#### **i) Instalaciones complementarias y maquinaria complementaria necesaria**

El grado de mecanización e instalaciones de esta naturaleza marcan de modo definitivo el proceso de ejecución de la planta, así como la dependencia de mano de obra y costos.

Algunas instalaciones que se están ubicando en semilleros son sensores de clima, que pueden llevar aparejado la automatización de la instalación, depósitos de combustible para calefacción, embalses totalmente cerrados, cooling system, etc.

En cuando a maquinaria, se debe de tener además de la necesaria para aplicaciones de productos fitosanitarios, carros (transporte interno) especialmente diseñado para el transporte de bandejas.

Para la producción que estamos estimando se hace necesario por lo menos 5-6 carros para el transporte de bandejas así como transpaleta en caso de tener muelles de carga y descarga o carretilla elevadora.

### **2.2.5. Instalaciones.**

Las primeras instalaciones destinadas a semilleros eran prácticamente iguales a las de un invernadero tradicional, dependiendo de la zona; las mismas estructuras con acondicionamientos para el soporte de bandejas, un sistema de riego manual y la incorporación o no de una simple máquina de siembra, eran suficientes para la producción de plantas. Actualmente la exigencia de mayor calidad de plántulas, el alto coste de semillas híbridas, la mano de obra, la producción estacional, la competencia del sector y la legislación existente, hacen necesario que la instalación o renovación de un semillero sea bien estudiado y proyectado, con la distribución y dependencias necesarias: invernaderos, oficinas, salas de calefacción, almacén de manipulación, embalse y cabezal de riego, zonas de almacenamiento y desinfección, maquinaria necesaria, vehículos de transporte, etc., realizando un análisis muy estricto y minucioso de los siguientes puntos (De la Torre, 2003):

- Zona de producción:
  - Cultivos y épocas de transplante.
  - Volumen teórico de producción.
  - Empresas del sector.
  - Disponibilidad de factor humano.
- Características de la finca:
  - Situación, Red viaria y comunicaciones.
  - Superficie y Topografía.
  - Suministro de Agua y su Calidad.
  - Suministro de Energía Eléctrica y Telecomunicaciones.
- Climatología de la zona:
  - Evolución de las temperaturas medias, extremas y estacionales.
  - Evolución de la humedad relativa.
  - Insolación real y potencial.
  - Pluviometría.
  - Duración del día.
  - Régimen de vientos dominantes e intensidad.

### 2.2.5.1. Maquinaria de siembra.

La maquinaria necesaria para realizar todo el proceso de siembra es (De la Torre, 2003):

- Sembradora de precisión o tren de siembra.
- Compresor de aire.
- Turbina de aspiración.
- Bomba de riego y dosificación.

Las sembradoras modernas están formadas por un equipo de elementos que realizan simultáneamente todas las operaciones de siembra. Este equipo consta de (De la Torre, 2003):

- **Mezclador de sustratos.** Consiste en una tolva de capacidad volumétrica de 500 a 1000 litros de sustrato; tiene un molino mezclador que mediante unas aspas accionadas por un motor eléctrico y un sinfín elevador que lleva la mezcla realizada (turba rubias, negras, etc.) hasta la tolva o módulo de llenado y prensado (De la Torre, 2003). El sustrato debe mezclarse hasta que observemos una homogeneidad total entre las diferentes partes de la mezcladora. Es el momento de añadir agua si fuese necesario, siempre con las palas de la mezcladora funcionando para una correcta distribución (Tijeras, 2005).



*Figura 11. Detalle de un mezclador de sustratos*

- **Despaletizadoras de bandejas.** La máquina se alimenta de bandejas de dos maneras, bien de una columna vertical de ellas (desapilado de bandejas), bien de una despaletizadora automática, la cual recoge bandejas individuales de un palé completo (Tijeras, 2005).



*Figura 12. Detalle de una despaletizadora*

- **Alimentador de bandejas.** Es un elemento rectangular de dimensiones similares a la de las bandejas (50 x 70 cm) y con capacidad para 15-30 unidades. Posee un sensor electrónico que nos indica la existencia o no de bandejas; estas pasan al módulo de llenado y prensado mediante el arrastre mecánico producido por un cilindro neumático o cadena, posicionando correctamente cada bandeja en el lugar y módulo exacto (De la Torre, 2003).



*Figura 13. Detalle de un alimentador de bandejas*

- **Módulo de llenado y prensado.** Módulo que varía en función del tipo de máquina, compuesto generalmente por un sinfín elevador que dosifica la cantidad de sustrato por bandeja; una tolva de recepción, debajo de la cual se sitúa la bandeja y unas aspas giratorias que van llenando y prensando el sustrato. Todo ello está sincronizado y temporizado, movido por motores eléctricos y un cuadro de mandos (De la Torre, 2003). Todas las bandejas deben recibir la misma cantidad de sustrato, al igual que los cepellones de cada bandeja, de lo contrario se comprometerá la uniformidad en el crecimiento de las plántulas (Tijeras, 2005).
- **Módulo de punzonado.** Consta de un puente mecánico sobre el que van instalados uno o dos cilindros neumáticos, que se unen a una plancha de aluminio de 1-2 cm de espesor y de iguales dimensiones a la de la bandeja. Esta plancha contiene en su parte inferior tantos conos invertidos como alvéolos tenga la bandeja y en la misma disposición. Al descender la plancha sobre la bandeja llena de sustrato (según las órdenes recibidas de los sensores de siembra), marca unas hendiduras de 1 a 2 cm de profundidad en

cada alvéolo (profundidad regulable según la semilla a sembrar). Existen también las sembradoras de tambor donde el punzonado lo realiza un rodillo con conos invertidos, al avanzar la bandeja sobre el tren de siembra (De la Torre, 2003). Si el contenido de humedad del sustrato no es adecuado, las paredes de los orificios practicados pueden desmoronarse, por lo que la semilla quedaría por encima de la profundidad prevista (Tijeras, 2005).



*Figura 14. Detalle de un módulo de punzonado*

- **Cabezal de siembra** o módulo de siembra. Es el encargado de recoger las semillas, seleccionarlas para que caiga solamente una por cepellón y depositarlas en cada orificio del sustrato (Tijeras, 2005).

Esta parte del tren de siembra es la que más modificaciones ha sufrido, siempre buscando mayores rendimientos y precisión. Se ha pasado de la siembra manual de los inicios, por las máquinas semiautomáticas de casetes, los cabezales semiautomáticos de librillo, hasta llegar a los modernos cabezales de siembra automáticos. Rendimientos de 250-400 bandejas/hora (De la Torre, 2003).



*Figura 15. Detalle de un cabezal de siembra*



*Figura 16. Detalle de un pulpo*

Estos últimos consta de una parte fija llamada pulpo, formada por una placa superior perforada en forma de embudo que une mediante tubos de P. E. la placa inferior en cada alveolo; y una parte móvil con depósito de semilla, placa perforada de aspiración, vibrador, peine de barrido y elemento de soplado de semilla, todo un complejo perfectamente armonizado y controlado por un autómata.

Las sembradoras de tambor son aptas para semillas redondas y partidas de semillas grandes, obteniéndose muy buenos rendimientos: 450-800 bandejas/hora (De la Torre, 2003).

- **Módulo de tapado.** Pequeña parte simple pero de gran importancia en el proceso de siembra. Su función es aplicar una cobertura antievaporante sobre el sustrato.

Está compuesto por una tolva de forma troncopiramidal que en el fondo lleva una apertura para dejar caer el material para cubrir las semillas sembradas (perlita o vermiculita). Su capacidad de 50-60 litros permite tapar entre 50-60 bandejas. Junto a la tolva lleva un raspador por su parte posterior que elimina el material sobrante, dejándolo caer sobre un depósito para recogerlo y reutilizarlo. El sistema puede ser temporizado y automático (De la Torre, 2003).



*Figura 17. Detalle del módulo de tapado de bandejas*

- **Túnel de riego.** Campana o túnel de 1-2 m (capacidad para 2-4 bandejas) que tiene instaladas en su techo de 6-8-10 electroválvulas con sus correspondientes boquillas de riego de caudal 0,9-1,2 L/min/ud. El sistema lleva instalado un temporizador y un dosificador volumétrico que inyecta junto con el agua de riego el primer tratamiento fungicida de vital importancia, previo a la germinación (De la Torre, 2003).



*Figura 18. Detalle de un túnel de riego*

- **Apilador de bandejas.** Conjunto de elementos electromecánicos que van recogiendo y agrupando las bandejas sembradas en torres de 8-10-12 unidades según la cantidad deseada, y sacándolas sobre el carril de rodillos del final del tren, para su posterior paletizado y marcaje de partidas (De la Torre, 2003).



*Figura 19. Detalle de un apilador de bandejas*

Todo el conjunto puede estar robotizado. Los rendimientos de siembra son de: 250-400 bandejas/hora (2 operarios).

### **2.2.5.2. Cámara de germinación.**

Es un recinto cerrado de características similares a cualquier cámara frigorífica donde se introducen las bandejas recién sembradas y se mantienen durante un tiempo determinado en condiciones óptimas de germinación, manteniendo los parámetros necesarios (temperatura y humedad relativa) para la germinación de las distintas especies de semilla y obtener así el mayor porcentaje de éstas, en plantas viables (De la Torre, 2003).

El dimensionamiento y capacidad de la cámara dependerá del volumen de producción previsto del semillero y de las especies a producir (cantidad de bandejas sembradas diarias y días necesarios de germinación). Su construcción puede realizarse de obra civil recubierta de materiales termoaislantes o paneles prefabricados termoaislantes, constará de una o dos puertas, para entrada y salida. La maquinaria necesaria para mantener el microclima interior es: un equipo de aire acondicionado reversible (frío-calor), un equipo humidificador, sondas de temperatura y de humedad relativa, cuadro de automatismos con termostato e higróstato de lectura y control (De la Torre, 2003).

En relación al control de humedad, hay diversos sistemas para aportar humedad a las cámaras: regar el suelo, nebulización a baja presión (es barata pero puede mojar peligrosamente las bandejas situadas en las verticales de los emisores, necesita un equipo de control y aire a presión) y nebulización de alta presión (el orificio de los emisores es muy pequeño, pero con un buen sistema de filtrado y descalcificación del agua no deberían atorarse, es el mejor sistema pero con un elevado precio) (Tijeras, 2005).

Una adecuada circulación del aire es la responsable de la correcta distribución de la temperatura y humedad óptimas a cada punto de la cámara. Los orificios de entrada y salida del aire no deben ser obstaculizados. Para obtener movimiento de aire en la cámara de germinación se pueden usar diversos sistemas, tales como sistemas empotrables de rejillas o ventiladores no empotrados en las paredes (Tijeras, 2005).



*Figura 20. Detalle de una cámara de germinación*

### **2.2.5.3. Cámara de cultivo.**

Recinto de similares características a la cámara de germinación, normalmente de dimensiones más pequeñas. La gran diferencia está en la incorporación y control de un tercer parámetro: la luz. Su función es mantener constantes los parámetros de: temperatura humedad relativa y luz, en condiciones ideales que favorezcan el enraizamiento de esquejes o prendimiento de injertos, ya que trabaja con plantas vivas y no con semillas; llevando un seguimiento y control muy exhaustivo de los parámetros mencionados (De la Torre, 2003).

La colocación y disposición de las bandejas en la cámara también es distinta, estando aquí, sobre estanterías fijas o móviles con separación suficiente entre bandejas

que permitan recibir las condiciones: temperatura, humedad y luz (artificial), de forma uniforme. La dimensión será la que permita introducir la producción de un solo día, para evitar abrir puertas y cambiar las condiciones una vez iniciado el proceso de enraizamiento o prendimiento. Se instalarán tantas cámaras como necesidades de producción se tengan (De la Torre, 2003).

#### **2.2.5.4. Taller de injertos.**

Es el lugar donde físicamente se realiza la técnica de injertado. Es un recinto totalmente separado y aislado del resto de invernadero de producción, donde se mantienen las condiciones climáticas óptimas, tanto para el personal que realiza dicha labor, como para las plantas a injertar.

Se instalarán los medios y técnicas de control climático para mantener los parámetros de temperatura, humedad relativa y luz en los umbrales óptimos.

Según el método o tipo de injerto a realizar, consta de una gran mesa o varias mesas unitarias donde se coloca sentado el personal especializado injertador. Se dispondrá totalmente ordenado, de todo el material necesario para injertar: pinzas, plomos de estaño, bisturís, cuchillas, productos de limpieza y desinfección, etc. Sobre dichas mesas se colocan las distintas plantas, tanto del patrón como de la variedad a injertar; sobre otra mesa se colocan las bandejas para la plantación de los injertos realizados.

Es imprescindible la instalación de luz artificial que facilite la visión de los injertadores, al ser un trabajo de gran precisión (De la Torre, 2003).



*Figura 21. Detalle de un taller de injertos*

#### **2.2.5.5 Banquetas de cultivo.**

Las banquetas o mesas de cultivo, son las estructuras construidas dentro del invernadero, a una determinada altura del suelo (50-70 cm), perfectamente niveladas, donde se colocan las bandejas extendidas, ya pregerminadas, recibiendo las labores y tratamientos necesarios para terminar su ciclo de crecimiento hasta el momento adecuado de su transplante (De la Torre, 2003).

Existen varias formas de construir y disponer las mesas, dependiendo de su coste, pasillos interiores, etc., enumerando las siguientes: estructura de alambre galvanizado montado sobre tubos galvanizados; tubos galvanizados horizontales montados sobre tubos verticales; viguetas de hormigón montados sobre bloques directamente o sobre

postes de hormigón; perfiles de galvanizado montados sobre postes de hormigón, perfiles de PVC reforzado, montado sobre postes de hormigón, PVC o bloques. De todos ellos, los más utilizados son los dos últimos. La existencia de banquetas de cultivos, obedece a una serie de ventajas frente a colocar y extender las bandejas en el suelo; estas son (De la Torre, 2003):

- Fácil manipulación de bandejas.
- No hay riesgo de encharcamiento.
- Mayor aireación.
- Facilidad de instalar manueras de calefacción (aire o agua).
- Rapidez en la localización de partidas.
- Mayor comodidad y rendimiento de trabajo.



*Figura 22. Detalle de una banqueta de cultivo de viguetas galvanizadas sobre bloques de hormigón*

#### **2.2.5.6. Sistema de riego.**

El riego de un semillero tiene la misma configuración que una explotación hortícola y ornamental, estando formado por las siguientes unidades básicas: embalse, cabezal de riego, red de alimentación y sistema de distribución de agua. El sistema o forma de distribución del agua de riego será el que nos definirá el llamado “sistema de riego”, encontrando grandes diferencias de uno a otro sistema (riego por inundación, goteo, aspersión, microaspersión, etc.) (De la Torre, 2003).

Básicamente y dada la alta densidad de plantas por metro cuadrado, las formas más comunes de distribuir el agua en cualquier semillero se puede catalogar en dos: “sistemas de inundación” y “sistemas de microaspersión” con las siguientes variantes (De la Torre, 2003):

- **Riego manual** (manguera). Sistema manual tradicional, e imprescindible y complementario con cualquier otro sistema, la eficacia y el éxito depende exclusivamente de la persona o personas que lo realizan (De la Torre, 2003).



*Figura 23. Detalle del riego con manguera*

- **Microaspersión fija.** Sistema formado por un conjunto de tuberías generales, ramales portaaspersores y microaspersores, dispuestos al marco necesario, según características del fabricante (alcance, caudal, etc.) y colocados hacia arriba o hacia abajo sin producir goteos perjudiciales (De la Torre, 2003). El problema de estos riegos es que doblan zonas y cruzanaspersores para cubrir el área y esto provoca una gran desigualdad en las bandejas. La mejor forma de trabajar con este riego es regar siempre o casi siempre por saturación (Gusi, 2005).



*Figura 24: Detalle de la microaspersión fija*

- **Trenes de riego.** Consiste en una barra pulverizadora transversal que se desplaza longitudinalmente mediante unas ruedas sobre un raíl colgado de la estructura del invernadero, accionado por un motorreductor eléctrico, dos poleas y un cable de tracción. La barra pulverizadora está compuesta por un tubo de PVC y un conjunto de boquillas pulverizadoras antigoteo instaladas cada 25-50 cm, unido todo ello a un perfil de aluminio y al cuadro de mandos. El conjunto dispone de sensores que accionan la barra pulverizadora, mediante la colocación de electroimanes y electroválvulas, realizando una distribución uniforme del agua de riego (De la Torre, 2003). Es la opción más usada actualmente, permite realizar riegos de poca agua y bien dosificada y permite la automatización del sistema (Gusi, 2005).



*Figura 25. Detalle de un tren de riego*

- **Riego por inundación** (flujo-reflujo). Sistema de gran caudal, con recogida de la solución nutritiva (De la Torre, 2003). Es extremadamente caro y en caso de infecciones es muy arriesgado (Gusi, 2005).

### **2.2.5.7. Sistemas de tratamientos fitosanitarios.**

Independientemente de adoptar todas las medidas profilácticas, medidas culturales y métodos de barrera de prevención, se hace necesaria la implantación de un programa de tratamientos fitosanitarios capaz de proseguir y mantener la sanidad y calidad fitosanitaria de las plántulas.

Para ello se dispone de sistemas de tratamientos fitosanitarios, que utilizados solos o conjuntamente nos garanticen la obtención de plantas sanas y vigorosas, estos son (De la Torre, 2003):

- **Inyección proporcional.** La instalación de uno o varios depósitos de mezclas y una bomba de inyección correspondiente, son los elementos necesarios para incorporar los productos fungicidas y/o insecticidas en la red de riego para su distribución.
- **Pulverización de alto volumen.** Sistema tradicional más o menos sofisticado presente en todas las instalaciones; compuesto por: depósito de mezclas, motobomba de presión y red de distribución. La aplicación se realiza con pistoletas de diversas formas y tipo de gota, de alto volumen, pulverizando directamente sobre las plantas cultivadas.
- **Nebulización de ultrabajo volumen.** Los productos fitosanitarios diluidos en un pequeño volumen de agua son distribuidos con una boquilla de alta presión, produciendo una finísima niebla, que uno o varios ventiladores reparten por todo el volumen del invernadero. Son tratamientos generales no localizados de alta eficacia, permitiendo su programación fuera del horario de trabajo y con el invernadero herméticamente cerrado. El sistema dispone de mecanismos como: autolimpieza de boquillas, preventilación, removedor y detector final del producto.

### **2.2.5.8. Climatización.**

La correcta interpretación y manipulación de los siguientes parámetros: luz, temperatura y humedad, tanto externos como internos, nos darán las condiciones deseadas para la producción de plántulas, teniendo muy en cuenta que una ligera modificación de cualquiera de ellos, influye y afecta a todos los demás (De la Torre, 2003).

Para llevar a cabo la gestión del clima necesitamos calefacción y refrigeración basándonos en: pantallas térmicas, pantallas de sombreado, *fog* y *cooling system*, ventiladores, extractores, programadores y sensores (Fernández Domenech, 2005).

## A. Calefacción

La calefacción de un invernadero consiste en producir calor a partir de la quema de algún combustible con el fin de alcanzar la temperatura adecuada para el buen desarrollo de las plantas. Debemos tener en cuenta que producir calor es tan importante como evitar que se fugue. También, hay que aprovechar al máximo la energía solar y hay al menos, tres procedimientos: poner muy buenos cerramientos, colocar dobles puertas en los accesos y automatizar el cierre de las ventanas. Los sistemas de calefacción más comunes son (Fernández Domenech, 2005):

### Calefacción con agua

Consiste en que una caldera, donde se calienta el agua, está conectada a un circuito cerrado de tuberías distribuidas por el invernadero que por radiación van perdiendo calor y dejándolo en el ambiente. Este sistema distribuye el calor uniformemente y no reseca el ambiente pero es costoso y complejo en cuanto a la instalación (Fernández Domenech, 2005).



*Figura 26. Detalle de una red de tuberías corrugadas de agua caliente*

### Calefacción con aire

La calefacción con aire que se utiliza en semilleros es de dos clases: de gasoil y combustión interna, y de propano y combustión directa. La calefacción con gasoil consiste en que una caldera, donde se produce la combustión, es refrigerada con la corriente de aire que genera un ventilador y este aire pasa directamente al invernadero. Es sencilla de instalar pero reseca el ambiente y puede producir quemaduras a las plantas más cercanas si la temperatura del aire es muy alta. La calefacción por aire caliente producido por la combustión de gas propano es semejante a la de gasoil, con la diferencia de que en aquella (aunque la instalación es más compleja) la combustión es directa y produce CO<sub>2</sub> que puede ser absorbido por las plantas y, además, tiene la

ventaja de que como no necesita chimenea para la salida de humos al exterior, no hay pérdidas de calor por ésta (Fernández Domenech, 2005).

## **B. Refrigeración**

Para la refrigeración es importante que no entre calor en nuestro invernadero. El principal medio por el que nos llega el calor es el de los rayos solares; lo que tenemos que hacer es rechazar, en la medida de lo posible, los rayos solares y después desalojar al máximo aire caliente del invernadero. Para ello disponemos de blanqueo, pantallas de sombreo, ventanas, extractores, ventiladores y *fog* y *cooling system* (Fernández Domenech, 2005).

### **Blanqueo**

Es el método más antiguo. Consiste en pintar el plástico del invernadero de color blanco ya que éste refleja la radiación, y así impide que los rayos solares penetren en el interior del invernadero. El mayor inconveniente es que grado de sombra es siempre fijo y, como consecuencia, se acortan las horas de luz del día tanto por la mañana como por la tarde y en los días nublados puede faltar luz.

### **Pantallas de sombreo**

Están formadas por un material permeable al agua, compuesto por un conjunto de láminas de plástico y de aluminio y de un tejido de hilo que le da resistencia. Dependiendo de si lleva plástico o no, la pantalla puede ser cerrada (térmica) o abierta (de sombreo). La pantalla cerrada, o térmica, se instalará siempre en el interior del invernadero y la abierta, o de sombreo, se puede instalar tanto en el interior como en el exterior del mismo. Lo ideal es instalar los dos tipos de pantallas.

Las pantallas pueden cerrarse o abrirse de forma automatizada dependiendo de la intensidad de la luz, con lo cual podemos aprovechar todas las horas de sol.

La pantalla cerrada o térmica, puede realizar dos funciones: de sombreo, en función de la cantidad de aluminio y plástico que contenga, durante el día repelerá los rayos solares y durante la noche reflejará el calor hacia dentro; o térmica, creando una doble cámara entre las plantas y el exterior evitando que se fugue el calor, lo cual también es bueno para la refrigeración que evitará que entre aire caliente. El inconveniente es que obliga a instalar otros sistemas para desalojar el calor, ya que la pantalla aísla de la ventilación natural de las ventanas cenitales.

La pantalla abierta o de sombreo, deja salir gran parte del calor. Colocada en el exterior es más efectiva pues rechaza los rayos solares antes de que entren en el invernadero, mientras que con la pantalla en el interior el calor rechazado se queda entre la pantalla y el plástico de la cubierta.



*Figura 27. Detalle de pantallas de sombreo*

## **Ventanas**

Son el método de ventilación más antiguo. Se instalan ventanas laterales y cenitales, pero lo que le da a las ventanas un alto rendimiento es la posibilidad de automatizarlas.

## **Ventiladores y extractores**

Un ventilador es igual que un extractor; sólo se diferencian en que los podemos utilizar para introducir o desalojar aire de un invernadero.

El aire caliente se instala en la parte superior del invernadero. Cuando vamos a introducir aire en el invernadero se colocan los ventiladores en el punto más bajo de éste y, cuando queramos desalojar aire caliente se coloca el extractor en el punto más alto.

Se pueden utilizar ventiladores de apoyo para mover el aire en una dirección dentro del invernadero. Es importante que el invernadero esté herméticamente cerrado salvo el lado opuesto del ventilador o extractor.

## ***Fog y cooling system***

Lo que se pretende con estos sistemas es evaporar agua para bajar la temperatura.

Una de las formas de facilitar la evaporación del agua es rompiéndola en partículas muy pequeñas, lo que produce una especie de niebla (*fog system*).

El *cooling system* es un procedimiento que consiste en la formación, en un lateral del invernadero, de una cortina de agua sobre un material poroso (paja, cartón o celosía de cerámica), y en la colocación de unos extractores en el lado opuesto. Eso hace que desde el exterior del invernadero entre aire caliente y seco y, este aire a su paso por la cortina de agua, se convertirá en aire frío y húmedo.

## **2.2.6. Enfermedades.**

Bajo la denominación “enfermedades de semillero”, se recogen las enfermedades que afectan a la semilla antes de germinar, durante la germinación (incluida la fase

hipógea de la planta) y después de la emergencia hasta que aparece la primera o segunda hoja verdadera. Todos estos periodos reciben nombres diferentes. En inglés “damping-off”; en español, caída de plántulas o más genéricamente enfermedades de los semilleros o almácigas.

Las enfermedades que se pueden manifestar de forma temprana en el semillero pueden suponer una pérdida económica directa para el mismo, si bien pueden controlarse y limitar su extensión a las instalaciones afectadas. Sin embargo, las enfermedades no manifiestas en el semillero, en las que el agente etiológico se puede implantar, extender y desarrollar sin dañar la producción de forma aparente, pueden ser mucho más peligrosas. La posibilidad de que dichos patógenos se trasladen a los campos de cultivo puede conllevar graves consecuencias epidemiológicas, económicas y comerciales para el sector. En este sentido debe considerarse además de que en algunos semilleros en los que se producen millones de plántulas de un cultivo, con una alta densidad de plantación, y con manipulado de las mismas, la posibilidad de extender un patógeno a un alto número de plantas es elevada (Elorrieta, 2005).

### **2.2.6.1. Bacterias relevantes en los cultivos de semilleros hortícolas.**

En general, las bacterias más comunes responsables del desarrollo de enfermedades en hortalizas (y en plantas en general) se agrupan en unos pocos grupos taxonómicos tales como los géneros *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Clavibacter*, *Curtobacterium*.

- *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*, responsable de la mancha angular de las cucurbitáceas, se detecta principalmente en Almería en pepino, melón y sandía donde produce manchas aceitosas en hojas, tallos y frutos. Esta enfermedad se transmite por semillas.
- *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* es el responsable de la “peca bacteriana” del tomate. Afecta a cualquier parte de la planta.
- *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* afecta a diferentes hospedadores, entre ellos el tomate en el que se produce una sintomatología semejante a la de *P. s.* pv. *tomato*, si bien carece de las consecuencias epidemiológicas de esta. En melón, en Almería, se ha detectado asociada a zonas necróticas pardas en las hojas.
- *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* afecta principalmente a tomate y pimiento. En tomate produce la “mancha bacteriana” caracterizada porque las hojas muestran manchas oscuras circulares a angulosas con el crecimiento, con un halo amarillo muy discreto y cuyo centro puede desprenderse. En pimiento, produce manchas y pústulas en hojas, tallos y frutos. Esta bacteria es transmisible por semilla.
- *Xanthomonas campestris* pv. *cucurbitae* afecta principalmente a calabaza en la que se manifiesta a nivel foliar por manchas semejantes. Su importancia reside en su transmisión por semilla.

- *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, responsable del “chancro bacteriano del tomate”, su principal hospedador. Se considera su transmisión por semilla y dispersión en semilleros su principal forma de entrada en los campos de cultivo.
- *Ralstonia solanacearum* (*Burkholderia solanacearum* o *Pseudomonas solana-cearum*) responsable del “marchitamiento bacteriano” del tomate. España aparece en el grupo de países de la Unión Europea en los que no está establecida esta bacteria.
- *Curtobacterium* es de particular interés por ser Andalucía zona protegida para esta bacteria y estar incluido dentro de los organismos nocivos de cuarentena no establecidos en el territorio español. Dada su capacidad de transmisión por semilla, su control en semilleros es importante.
- *Acidovorax avenae* (anteriormente *Pseudomonas avenae*) incluye la subespecie *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* descrita como patógeno de las cucurbitáceas, en las que causa la “Mancha bacteriana del fruto” (Elorrieta, 2005).

### 2.2.6.2. Hongos relevantes en los semilleros hortícolas.

A diferencia de las bacterias, existe un amplio rango de grupos taxonómicos fúngicos dentro de los cuales podemos encontrar hongos fitopatógenos, algunos de gran interés en el cultivo de plántulas hortícolas en semilleros.

Uno de los hongos de mayor importancia en los semilleros por ejercer su principal y notable efecto sobre plántulas, pertenece al género *Pythium*. Infecta a un alto número de cultivos, entre los que se pueden señalar pimiento, berenjena, tomate, pepino, melón, sandía, judía, etc. La entrada de este hongo en las explotaciones se produce, normalmente, a través de sustratos contaminados procedentes de semilleros y por el agua contaminada.

Dentro de los hongos que actúan a nivel radicular es de interés mencionar *Rhizoctonia solani*, patógeno de melón, pepino, sandía, tomate, pimiento, judía, etc.

El género *Phytophthora*, crece más lentamente que *Pythium* por lo que a veces no se detecta en semillero. *P. parasitica*, *P. capsici* y *P. megasperma* se han identificado como capaces de actuar sobre el cuello de pepino, melones, calabacines. *P. parasitica* afecta también a las plántulas de tomate. *P. capsici* actúa sobre el pimiento causando la “tristeza del pimiento”.

El género *Fusarium* incluye diferentes especies patógenas dentro de las cuales podemos destacar la acción de *Fusarium oxysporum* en sus diferentes formas especializadas (*F.o. melonis* sobre melón, *F.o. niveum* sobre sandía, *F.o. cucumerinum* sobre pepino, *F.o. lycopersici* sobre tomate, etc.).

Entre otros hongos que en ocasiones pueden tener cierta incidencia en semilleros puede mencionarse a *Didymella bryoniae* (*Mycosphaerella melonis*), responsable de la podredumbre gomosa del tallo en melón, pepino y sandía.

*Botrytis cinerea* forma asexual *Botryotinia fuckleliana*, es, dentro de los hongos de actuación aérea, uno de los más importantes dada su naturaleza polífaga (ataca un vasto número de especies vegetales), su velocidad de dispersión, su dificultad de control y sus drásticos efectos.

El “oidio” o “ceniza” es otra de las patologías que hay que considerar. Dentro de los oidios hay cierta especificidad al menos respecto a las familias de cultivo sobre las que actúan. A nivel de cucurbitáceas los hongos principalmente implicados son *Sphaeroteca fuliginea* y *Erysiphe cichoracearum*. El primero actúa sobre pepino y melón y el segundo sobre sandía. En el caso de las solanáceas el agente responsable es *Leveillula taurica*.

Finalmente, son también importantes algunos hongos aéreos englobados dentro del concepto mildius, que incluyen especies como *Pseudoperonospora cubensis*, responsable del mildiu de las cucurbitáceas y *Phytophthora infestans*, en el caso de las solanáceas (Elorrieta, 2005).

### 2.2.6.3. Enfermedades víricas relevantes en semillero

Las enfermedades producidas por virus en semilleros tienen gran importancia desde un punto de vista epidemiológico. La presencia del virus en las semillas constituye el método más eficaz de dispersión a gran distancia, como lo demuestra el hecho de que los virus transmitidos por semillas se encuentran por todo el mundo.

Los virus y los hongos son los principales grupos de patógenos que afectan a los cultivos hortícolas, produciendo mayores pérdidas económicas. Sin embargo las posibilidades de controlar los virus son mucho más limitadas que las existentes para otros patógenos ya que no se dispone de métodos directos de control.

El primer punto de actuación en el control de la virosis debe estar orientado a garantizar que las plántulas de semillero estén libres de virus, mediante un buen control sanitario de las semillas y semilleros, ya que todos los virus que se transmiten por semilla utilizan otros procedimientos de transmisión, como se detalla en la tabla 10.

La regulación del control fitosanitario en los semilleros es esencial para evitar la presencia de patógenos en plántulas y se realiza mediante la aplicación de una serie de normativas que van desde la europea hasta la propia de la Comunidad Autónoma Andaluza.

**Tabla 10: Virus transmitidos por las semillas de hortícolas.**

Virus	Grupo	Especies Afectadas	Otras Formas De
-------	-------	--------------------	-----------------

	<b>Taxonómico</b>		<b>Transmisión</b>
V. mosaico de la calabaza (SqMV)	Comovirus	Melón, calabacín	Contacto, coleópteros
V. mosaico de la lechuga (LMV)	Potyvirus	Lechuga	Áfidos
V. mosaico común de la judía (BCMV)	Potyvirus	Judía	Áfidos
V. moteado suave del pimiento (PMMV)	Tobamovirus	Pimiento	Contacto Semillas Suelo (restos cosecha)
V. mosaico del tomate (ToMV)	Tobamovirus	Tomate, pimiento	Contacto Semillas Suelo (Restos de cosecha)
V. enanismo ramificado del tomate (TBSV)	Tombusvirus	Tomate, pimiento	Semilla Suelo (raíces)
V. mosaico del pepino (CMV)	Cucumovirus	Judía	Áfidos
V. manchas necróticas del melón (MNSV)	Carmovirus	Melón	Hongos (Olpidium)
V. mosaico de la alfalfa (AMV)	Grupo AMV	Pimiento	Áfidos
V. mosaico del pepino dulce (PepMV)	Potexvirus	Tomate	Contacto Semillas
V. mosaico sureño de la judía (SBMV)	Sobemovirus	Judía	Contacto, suelo
Virus Y de la patata (PVY)		Patata	Áfidos
Virus del bronceado del tomate (TSWV)		Tomate Pimiento	Trips ( <i>Frankliniella occidentalis</i> )

Fuente: Sáez Alonso et al.

## 2.2.7. Tipos de bandejas.

### 2.2.7.1. Funciones de la bandeja de semillero.

En líneas generales, las bandejas de semillero proporcionan excelentes funciones y ventajas (Gil Muñoz, 2005):

1. Hacer de soporte físico del sustrato donde se van a desarrollar las plantas, pues en ellas va a suceder todo el proceso de crianza, desde la germinación de las semillas hasta el desarrollo de éstas para convertirse en plántulas aptas para ser transplantadas.
2. Evitar la manipulación de las raíces debido a la facilidad de extraer la planta de modo individualizado sin producir daños a nivel radicular y evitando las heridas que podrían favorecer la entrada de posibles enfermedades. En el plantero no se extraían las plantas, sino que “se arrancaban” del suelo. Al eliminar con el sistema de bandejas con alvéolos individuales toda manipulación

de las raíces, el estrés de las plantas en el momento de la plantación pasó a ser menor.

3. Transplante individualizado, mejorando así la homogeneidad en la plantación debido a poder elegir las plantas por tamaños en el momento del transplante. En el caso de tratarse de semillas correspondientes a lotes heterogéneos, es decir, con bajo rigor germinativo, produciendo plantas de distinto tamaño.
4. Mejoran la facilidad y rapidez en la manipulación de las plantas por la ventaja de transportar las bandejas en carros y palees.
5. Mejoran la germinación de las semillas porque en poco espacio podemos colocar muchas bandejas en la cámara de germinación especial que reúne las condiciones de temperatura y humedad adecuadas con menor coste.

### **2.2.7.2. Materiales.**

Normalmente se utilizan bandejas de poliestireno expandido (porespam) de color blanco; material que posee unas excelentes cualidades termoaislantes, poco peso, bajo coste y gran facilidad de mecanización. Existen también bandejas prefabricadas de plástico rígido de distintos colores, pero con escasa experiencia en la zona en cuanto a manejo y cultivo (De la Torre, 2003).

Las bandejas más usadas se fabrican en los siguientes tipos de materiales (Gil Muñoz, 2005):

#### **A. Poliestireno expandido (EPS)**

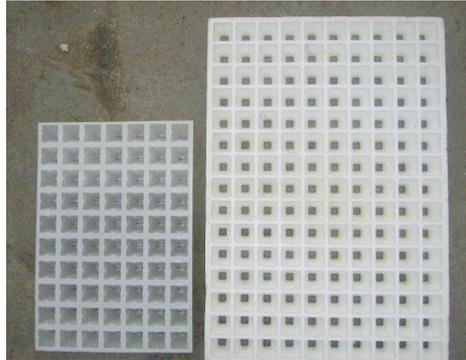
Es un material plástico espumado utilizado en el sector de la construcción, principalmente como aislante térmico y acústico, y para envases y embalajes. Técnicamente se define como “material plástico celular rígido fabricado a partir del moldeo de perlas preexpandidas del poliestireno expansible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y llena de aire”. Su fabricación no conlleva ningún efecto sobre la degradación de la capa de ozono. Coloquialmente el EPS es conocido como “corcho blanco”.

Como todos los materiales plásticos, el poliestireno expandido deriva en último término del petróleo.

Una vez que los envases y embalajes de EPS han cumplido su función, existen numerosas opciones para obtener una nueva utilidad de los residuos generados. El EPS es 100% reciclable y existen numerosas aplicaciones para los materiales recuperados, fundamentalmente de aplicación en construcción: fachadas, suelos, aislamiento de ruidos, encofrados y rellenos ligeros, etc. La realidad es que las empresas recicladoras son reacias a reciclar estas bandejas tratadas con pesticidas.

Una de las ventajas del uso de estas bandejas es su menor coste respecto a las de otros materiales, aunque las fábricas no hablan de garantía. Uno de los inconvenientes que poseen es su baja durabilidad (rotura de bordes y alvéolos) frente a bandejas fabricadas con otros materiales, hecho que recobra menos gravedad con el uso de fundas termoformadas para bandejas.

Una de las novedades que ofrece este tipo de material de fabricación es la introducción en el mercado de bandejas de un solo uso. Estas bandejas ofrecen la ventaja de no ser retornables y de no necesitar desinfección ni usar fundas de plástico. Son de baja durabilidad debido a su baja densidad de material (Gil Muñoz, 2005).



*Figura 28. Detalle de una bandeja de poliestireno expandido junto con una funda*

## **B. Polipropileno**

Están fabricadas con propileno virgen 100%. Los distintos tipos de propileno y sus combinaciones en las proporciones adecuadas son los que le dan a estas bandejas la propiedad de resistencia y durabilidad. El material de que están hechas estas bandejas es totalmente reciclable e higienizable respondiendo a la creciente demanda de respeto al medio ambiente.

Las empresas que fabrican estas bandejas dan 5 años de garantía contra degradación solar y uso no negligente (en su fabricación se utilizan aditivos para la protección de estas bandejas frente a los rayos ultravioleta). Las bandejas llevan un indicador del año de fabricación grabado en un lateral. La durabilidad de estas bandejas es una ventaja ante las bandejas de poliestireno.

Otra ventaja añadida es que las condiciones fitosanitarias son mejores aunque también pueden usarse fundas.

Dependiendo de los diferentes tipos de polipropileno usados para la fabricación de estas bandejas, de las distintas proporciones de éstos y de los accesorios que lleven (asas, patas, etc.) podemos clasificarlas en tres grupos (Gil Muñoz, 2005):

- **Bandejas rígidas estándar**

Se utilizan para trasplantes manuales. Este tipo de bandejas reemplazan, gracias a tener sus mismas dimensiones, a las de poliestireno expandido ofreciendo ventajas adicionales, entre ellas su durabilidad.

Al ser los alveolos de textura lisa no hay fuerzas de rozamiento y permiten que el cepellón de turba enraizado se deslice muy bien y no cause daños por rotura en las raíces como ocurre con las bandejas de poliestireno expandido que, debido al repetido uso se producen microfisuras por las cuales se introducen raicillas que se parten en el momento de la extracción (Gil Muñoz, 2005).

- **Bandejas rígidas con patas y asas**

Permiten la robotización total del semillero, luego son la apuesta del futuro. Estas bandejas están preparadas para que las tareas de llenado, siembra, desplazamiento, apilado y paletización se lleven a cabo sin apenas intervención directa de operarios.

Son rígidas para evitar el arqueamiento de la bandeja. Poseen unos nervios interiores en los alveolos que dirigen las raíces de las plántulas en el proceso de crecimiento. Las uñas de las bandejas facilitan el apilamiento e impiden que las bandejas se muevan en el transporte.

Otra de las ventajas que ofrece este tipo de bandejas es proporcionar mayor uniformidad final en las plantas de la bandeja debido a que los espacios entre bandejas una vez apiladas, permiten que la distribución del aire/temperatura en la cámara de germinación sea homogénea.

El uso de estas bandejas es una inversión que se rentabiliza a corto plazo porque con ellas la automatización de todos los procesos del semillero, se hace más sencilla, económica y práctica (Gil Muñoz, 2005).



*Figura 29. Detalle de una bandeja rígida*

- **Bandejas semirrígidas especiales para el transplante automatizado**

Estas bandejas poseen la ventaja de que aparte de ser utilizadas como el resto de las bandejas para la crianza de plántulas, tiene un valor añadido que es el de introducir la bandeja en máquinas especiales y realizar el transplante automáticamente.

Este sistema es de utilidad para una gran parte de plantas que van a ser transplantadas en campos de producción de hortalizas al aire libre. Es por esta razón que se trata de bandejas semirrígidas, para poder ser arqueadas por la máquina

transplantadota y para ello poseen en los laterales muescas. Las bandejas disponen en la base del alveolo de una cruceta hueca que permite el drenaje y hace posible que se clave un punzón de hierro que permite sacar la planta por empuje, en vez de por extracción como en el resto de las bandejas, con lo cual la parte vegetativa de la planta no se daña.

Este sistema de trasplante automático requiere que los cepellones de turba estén suficientemente compactados para que los hierros punzonadores no agujereen la turba ni la desmenuce. Es necesario que el alveolo esté perforado para asegurar el drenaje y evitar encharcamientos en la planta que pueden provocar asfixia de raíces (Gil Muñoz, 2005).



*Figura 30. Detalle de una bandeja semirrígida*

### **2.2.7.3. Dimensiones de las bandejas.**

En catálogos de empresas fabricantes encontraremos los diversos datos sobre medidas exteriores, número de alveolos, dimensiones del alveolo, diámetro del orificio de drenaje y otras características adicionales.

Las dimensiones externas, en centímetros, más utilizadas en horticultura para bandejas de poliestireno expandido son de 69 x 47 x 5 para cultivos de plantas en turba y de 60 x 40 x 5 para bandejas contenedoras de microplug, aunque la gama a elegir, tanto de medidas externas como número de alvéolos por bandeja, es muy extensa en este tipo de bandejas.

En cuanto a las bandejas rígidas de polipropileno actualmente sólo se fabrica un modelo que es la bandeja cuyas dimensiones externas son de 70 x 46 x 5 y de 345 alveolos.

Las medidas exteriores en centímetros de las bandejas de polipropileno con asas y patas son de 60 x 40 x 18.5 y el número de alveolos por bandejas es variable, aunque la gama es menos amplia que en las bandejas de poliestireno.

Las medidas en centímetros más utilizadas en las bandejas de polipropileno con asas son de 53 x 31.5 x 4 (Gil Muñoz, 2005).

#### **2.2.7.4. Elección de los alvéolos.**

Las bandejas contienen una serie de alvéolos de sección tronco piramidal de mejores cualidades para el desarrollo radicular que los alvéolos de sección redonda (De la Torre, 2003).

La capacidad del alveolo ( $\text{cm}^3$ ) y la densidad de plantas por bandeja son factores limitantes para conseguir plantas de calidad, ya que influyen en parámetros como la longitud y diámetro del tallo, área foliar y calidad de las raíces en proporción al tiempo de permanencia de la planta en el semillero. De este modo, a mayor volumen del alveolo obtendremos plantas de mayor peso y por tanto, con mayor potencial productivo.

La elección del tamaño del alveolo y densidad de plantación en la bandeja se hará en base al tiempo estimado de permanencia de la planta en el semillero, de la altura de planta que deseemos conseguir y del volumen de plantas que queramos plantar (rentabilidad). Siendo así que a mayor capacidad del alveolo y menor densidad de plantas/ $\text{m}^2$  en la bandeja, permite más tiempo de estancia al ser mayor la cantidad luminosa recibida entre las plantas y contener mayor volumen de turba.

Pero buscando la rentabilidad, por ejemplo para trasplantes de especies en cultivos intensivos al aire libre que requieran un alto número de plantas/ $\text{m}^2$  (coles, lechugas, etc.) y para trasplantes automatizados destinados a producción de horticolas al aire libre, en grandes superficies y donde se minimizan al máximo los costes productivos, lo más factible es sembrar sobre bandejas de alveolos pequeños.

En cambio, para trasplantes en cultivos intensivos protegidos interesan en algunos casos alveolos grandes y densidades de plantación bajas en la bandeja para aprovechar más tiempo el cultivo anterior, ahorro de tratamientos fitosanitarios e incluso en caso de tomates llevándose la planta, entutorada, podada, y el primer ramo cuajado desde el semillero.

Una incorrecta selección del tamaño de los alveolos propiciará una excesiva densidad de plantación que ocasionará que las plantas reciban menos luz (amarillez en hojas basales), un aumento de temperatura y una alta humedad, creando un ambiente favorable para el desarrollo de enfermedades y su rápida propagación (Gil Muñoz, 2005).

El número de alveolos por unidad dependerá de la especie a cultivar, oscilando entre los 40 alvéolos (injertos) y los 500-1000 (lechuga o cebolla); pero las dimensiones exteriores de la bandeja deberán ser las mismas para facilitar la mecanización de los distintos procesos: siembra, paletizado, extendido en mesas, expedición de plantas, etc. (De la Torre, 2003).

Las bandejas se clasifican, dependiendo del tamaño del alveolo por códigos (De la Torre, 2003):

- B-1: 273-294 alvéolos.
- B-2: 216-228-247 alvéolos.
- B-3: 104-135-150 alvéolos, etc.

Es necesario que el alveolo esté perforado para asegurar el drenaje y así evitar indeseados encharcamientos de la planta (Gil Muñoz, 2005).

Existen también otro tipo de bandejas sin alvéolos destinadas al cultivo de lana de roca (Gil Muñoz, 2005).

### **2.2.7.5. Fundas para bandejas.**

Entre alguno de los inconvenientes que presentan las bandejas de poliestireno se encuentran la fácil rotura de los bordes debido a su débil resistencia a golpes, etc. y las microfisuras que se producen en este tipo de material por las cuales se introducen las raicillas, rompiéndose éstas al extraer las plantas del alveolo y ser reservorio posibles enfermedades. Otro de los inconvenientes es la difícil esterilización de éstas (Gil Muñoz, 2005).

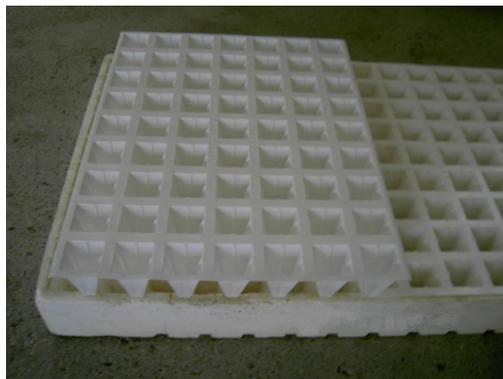
Las fundas son planchas alveolares fabricadas con polipropileno, mediante un proceso de termoconformado, de dimensiones iguales a las de la bandeja, pero siendo la sección de los alvéolos algo menor para introducirlos encima de la bandeja (De la Torre, 2003).

La función principal de la funda (de un solo uso) es el aislamiento de la planta con la bandeja soporte, evitando posibles contagios de enfermedades y asegurando mayor higiene, obteniendo un sistema radical sano y potente, facilitando la extracción de las plantas en el transplante (De la Torre, 2003).

Su exclusivo diseño permite obtener un gran sistema radical debido a las estrías longitudinales, provocando el bifurcado de las raíces. El uso generalizado de las fundas en los últimos años ha mejorado la calidad fitosanitaria de las plántulas, eliminando casi completamente los problemas de raíz-cuello por hongos fitopatógenos como: Phytium, Rizoctonia, etc. (De la Torre, 2003).

La tendencia actual es utilizar bandejas con menor número de alvéolos, mayor sección de los tacos y plantas de mayor tamaño. Menos plantas/m<sup>2</sup> = Más calidad (De la Torre, 2003).

Estas fundas también existen para las bandejas de polipropileno. Las hay prácticamente para todo tipo de bandejas. Los colores en que se fabrican estas fundas son blanco y negro (Gil Muñoz, 2005).



*Figura 31. Detalle de una funda plástica de una bandeja*

### **2.2.7.6. Desinfección de las bandejas.**

Las fases iniciales del desarrollo de la planta son críticas para la posterior evolución de las mismas.

Desde un punto de vista fitopatológico, el estado sanitario de las plántulas de semillero y por tanto de las bandejas, es fundamental por dos motivos: primero porque durante la germinación, emergencia y desarrollo inicial, las plántulas son especialmente susceptibles a la infección por distintos agentes patógenos y; en segundo lugar, porque a veces se producen en los semilleros infecciones que no llegan a expresar los síntomas hasta después de que las plantas se hayan transplantado. Para evitar estos problemas es imprescindible utilizar materiales libres de patógenos, en este caso las bandejas.

Las pérdidas derivadas de los ataques de los agentes patógenos dirigidas a las raíces de las plántulas pueden ser directas (por la proporción de plantas muertas o inutilizables) e indirectas (debidas a retrasos en el cultivo, a la heterogeneidad del mismo y a su mayor susceptibilidad frente a otras enfermedades que se manifiestan tardíamente).

Posiblemente una de las mayores fuentes de inóculo en un semillero lo constituyen las bandejas de cultivo infectadas con anterioridad y que no se han desinfectado de una manera eficaz.

Las bandejas de poliestireno, usadas en la mayoría de los semilleros, son difícilmente esterilizables debido principalmente a su flotabilidad y las microfisuras. Ejemplo real de una parcial desinfección fue un experimento que se hizo inoculando artificialmente las bandejas con tres hongos: *Pythium aphanidermatum*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* y *Olpidium radicale* sobre plantas de melón crecidas sobre un sustrato de turba en bandejas de poliestireno. Después se lavaron las bandejas colocándolas sobre una cinta transportadora donde recibía una pulverización de agua con formol. Una vez realizado este proceso fueron rellenadas nuevamente las bandejas con sustrato y sembradas con semillas de melón. Al cabo de un mes estaban muertas o con síntomas el 25% de *Fusarium*, se detectó en un 50% la presencia de *Olpidium* y un análisis de sustrato reveló la presencia de *Pythium*.

Actualmente este inconveniente se soluciona con el uso de fundas de termoconformado además de una desinfección rutinaria.

Las materias más usadas para la desinfección de bandejas son: formol diluido al 3%, el hipoclorito de sodio 5%, diluido al 10%, y clorometilmetano amónico diluido al 33% (Gil Muñoz, 2005).

### **2.2.8. Semilleros ecológicos.**

#### **2.2.8.1. Introducción.**

El avance de la Agricultura Ecológica en Andalucía desde el año 1995, se ha ocasionado principalmente por dos razones:

- Por la aparición de las ayudas agroambientales que ha motivado la entrada en este sistema de control de cultivos extensivos, tanto leñosos como herbáceos.
- Por la demanda, cada vez mayor, de alimentos seguros y cuyos sistemas de producción sean respetuosos con el medioambiente. Esto ha ocasionado un interés importante de los sectores de producción agrícola más intensiva (cítricos, hortícolas, invernadero, etc.).

Este avance de la superficie dedicada a la agricultura ecológica también se ha podido apreciar en cuanto a la superficie de cultivo bajo abrigo (invernaderos), destinados a agricultura ecológica en Almería, que actualmente ya supera las 170 Ha.

El desarrollo de este sistema de producción en invernaderos ha ocasionado el desarrollo de una empresa auxiliar destinada a cubrir las necesidades demandadas por estas explotaciones, principalmente, en cuanto a fertilizantes y fitosanitarios autorizados en agricultura ecológica y desde el año 1998, también las necesidades de plantas producidas de forma ecológica.

La demanda, a partir de 1998, de este tipo de planta se debió a la exigencia por la legislación europea del uso de plántulas producidas de forma ecológica.

Esto ha hecho que conforme ha ido creciendo la superficie destinada a la agricultura ecológica en invernaderos, también ha crecido el interés de los semilleros por cubrir la demanda existente de plantas ecológicas contando actualmente en Almería con numerosos semilleros que presentan una línea de producción de plantas ecológicas.

### **2.2.8.2. Requisitos.**

Los requisitos para la producción de planta ecológica vienen recogidas en el Reglamento (CE) nº 2092/91 de 24 de junio de 1991.

En este reglamento se recoge textualmente, en el Artículo 6 bis, (página 14), la siguiente información referente a los requisitos para la producción de planta ecológica:

- Se entenderá por “plántulas” las plantas enteras destinadas a la plantación para la producción de vegetales.
- El método de producción ecológica supone que, cuando los productores utilicen dichas plántulas, éstas deberán haber sido producidas de conformidad con lo dispuesto en el artículo 6 (donde se define el método de producción ecológica).

Se debe tener también en cuenta la legislación estatal referente a la producción de plantas de viveros y respecto a esto, comentar que en la Ley de Semillas y Plantas de Vivero y de Recursos Filogenéticos es novedosa la inclusión de “los preceptos relativos a la protección y gestión de los recursos filogenéticos, debido a que éstos son la fuente de los materiales de reproducción disponibles y constituyen una garantía de la seguridad alimentaria para hoy y el futuro”.

Se recoge a continuación de una forma práctica los criterios que se siguen para la producción de plantas ecológicas. Para facilitar el entendimiento de éstos, se diferenciará entre requisitos, es decir, aquellos puntos que deben ser cumplidos obligatoriamente para ser reconocidas las plantas conforme al sistema de producción ecológica y recomendaciones, aquellos puntos que sin ser obligatorios son importantes tener en cuenta porque ahondan en un sistema de producción más sostenible y respetuoso con el medio ambiente y a medio-largo plazo acabarán siendo requisitos.

Teniendo en cuenta porque ahondan en un sistema de producción para semilleros que producen actualmente planta convencional, se van a tratar los requisitos y recomendaciones para un sistema segregado, partiendo de una producción ya existente en convencional.

### **2.2.8.2.1. Infraestructuras.**

#### **a) Almacenamiento del material**

- Requisitos:

Deberá estar identificada la zona para el almacenamiento y recepción del material que se pretenda utilizar para la unidad ecológica, diferenciado de la zona destinada a unidad no ecológica. Si esto no fuese posible deberá existir un sistema documentado e implantado que garantice la ausencia de riesgos de contaminación cruzada. Deberá existir justificante de los materiales utilizados mediante registro de entrada o albaranes y existencias.

- Recomendaciones:

Es interesante un tratamiento diferenciado de la entrada del material a nivel contable, de tal forma que no hay posibilidad de confusión entre el material de la unidad ecológica y el material de la unidad convencional.

#### **b) Maquinaria de siembra**

- Requisitos:

Debe existir un sistema documentado e implantado que evite los posibles riesgos de contaminación cruzada de las semillas usadas en la unidad ecológica por los materiales usados en la siembra de la semilla convencional.

Los productos usados para la limpieza de la maquinaria sólo podrán ser los incluidos en el Reglamento (CE) nº 2092/91.

- Recomendaciones:

Es interesante una separación física de la siembra de la unidad ecológica con respecto a la siembra de la unidad convencional.

Es interesante que para la limpieza de la maquinaria de siembra, se use sólo aire y/o vapor de agua.

### **c) Cámara de germinación**

#### **- Requisitos:**

Debe existir un sistema documentado e implantado que evite los posibles riesgos de mezcla entre las bandejas de plantas de la unidad ecológica y las bandejas de plantas de la unidad no ecológica.

Los tratamientos de desinfección de la cámara de germinación, cuando ésta sea compartida, sólo podrán hacerse con los productos incluidos en el Reglamento (CE) nº 2092/91.

#### **- Recomendaciones:**

Es interesante destinar cámaras de germinación distintas para las plantas de la unidad ecológica con respecto a las plantas de la unidad no ecológica, cuando en ésta se realicen tratamientos con productos no incluidos en el Reglamento (CE) nº 2092/91.

Es interesante que para la desinfección de la cámara de germinación se use sólo vapor de agua.

### **d) Cámara de cultivo**

#### **- Requisitos:**

Debe existir un sistema documentado e implantado que evite los posibles riesgos de mezcla entre las bandejas de plantas de la unidad ecológica y las bandejas de de plantas de la unidad no ecológica.

Los tratamientos de desinfección de la cámara de cultivo, cuando ésta sea compartida, sólo podrán hacerse con los productos incluidos en el Reglamento (CE) nº 2092/91.

#### **- Recomendaciones:**

Es interesante destinar cámaras de cultivo distintas para las plantas de la unidad ecológica con respecto a las plantas de la unidad no ecológica, cuando en ésta se realicen tratamientos con productos no incluidos en el Reglamento (CE) nº 2092/91.

Es interesante que para la desinfección de la cámara de cultivo se use sólo vapor de agua.

### **e) Taller de injertos**

#### **- Requisitos:**

Debe existir un sistema documentado e implantado que evite los posibles riesgos de contaminación cruzada de los injertos realizados en plantas de la unidad ecológica respecto a los injertos realizados en plantas de la unidad no ecológica.

Los tratamientos de desinfección sobre el injerto sólo podrán hacerse con productos incluidos en el Reglamento (CE) nº 2092/91.

Los tratamientos de desinfección y limpieza en el taller de injertos sólo podrán hacerse con los productos incluidos en el Reglamento (CE) nº 2092/91.

#### **- Recomendaciones:**

Es interesante establecer una línea para la realización de injertos de la unidad ecológica diferenciada físicamente de la línea de la unidad no ecológica.

Es interesante que las desinfecciones realizadas en el taller de injertos se realicen con vapor de agua.

### **f) Identificación de las partidas**

#### **- Requisitos:**

Las partidas deberán, en el momento de salida, indicar que han sido producidas de forma ecológica.

Los albaranes y facturas de las partidas elaboradas en la unidad ecológica deberán diferenciarse de los albaranes y facturas de la unidad no ecológica.

#### **- Recomendaciones:**

Es interesante que las bandejas, albaranes y facturas usados en la unidad ecológica, sean de color distinto a los usados en la unidad no ecológica.

### **g) Unidad de cultivo**

#### **- Requisitos:**

La unidad de cultivo ecológica deberá estar separada físicamente de unidad de cultivo no ecológica mediante seto cortavientos y otra barrera que impida la contaminación por deriva de los tratamientos realizados en la unidad no ecológica.

Las tuberías de riego de la unidad ecológica han de estar separadas del resto del sistema de riego y correctamente identificadas. El sistema de fertirrigación utilizado debe ser independiente del usado en la unidad no ecológica.

Debe existir un sistema documentado e implantado que establezca cómo se van a evitar los riesgos de contaminación cruzada por compartir el sistema de tratamiento fitosanitario. Este sistema deberá incluir un procedimiento de autocontrol de residuos de productos fitosanitarios que garantice la ausencia de los mismos en las plantas cultivadas en la unidad ecológica.

- Recomendaciones:

Es interesante desarrollar la unidad ecológica en un invernadero totalmente independiente del resto del semillero, que presente un sistema de fertirrigación y tratamientos fitosanitario en habitáculo independiente.

## **2.2.8.2.2. Materiales.**

### **a) Semillas y material de reproducción vegetativa**

- Requisitos:

Se deberá garantizar que el parental femenino, si se trata de semillas, y el parental, si se trata de material de reproducción vegetativa, deben haberse producido:

- Sin usar organismos modificados genéticamente ni productos derivados de estos organismos.
- De acuerdo con lo dispuesto a las normas de producción ecológica, según el Reglamento (CEE) nº 2092/91. Se deberá pedir autorización al organismo de control para el uso de semillas no ecológica. El solicitante de la autorización deberá asegurarse, previamente, que el material en cuestión para el que se pide la autorización:
  - No está inscrita en la base de datos de variedades ecológicas que existe actualmente en la web del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
  - No se ha tratado con productos fitosanitarios distintos de los recogidos en el Reglamento (CEE) nº 2092/91, a menos que:
    - por razones fitosanitarias, la autoridad competente del Estado miembro haya prescrito de conformidad con la Directiva 2000/29/CE del Consejo, un tratamiento químico para todas las variedades de una especie concreta en la zona en la que vayan a utilizarse las semillas o las patatas de siembra.
    - no se encuentra disponible en el mercado comunitario dicha semilla obtenida de forma ecológica.
    - por razones fitosanitarias, la autoridad competente del Estado miembro haya prescrito de conformidad con la Directiva 2000/29/CE del Consejo, un tratamiento químico para todas las variedades de una especie concreta en la zona en la que vayan a utilizarse las semillas o las patatas de siembra.

- No se han utilizado organismos modificados genéticamente ni productos derivados de dichos organismos.

- Recomendaciones:

Es interesante que en caso de realizar desinfección sobre las semillas ésta se realice con vapor de agua.

**b) Bandejas y fundas**

- Requisitos:

Las bandejas y fundas usadas en la unidad ecológica deberán estar identificadas y diferenciadas en todo el proceso de producción, de tal forma que se evite la mezcla de bandejas y fundas usadas en la unidad ecológica y en la unidad no ecológica. Esto no se deberá tener en cuenta cuando las bandejas y fundas sean de un solo uso.

El material de fabricación de las bandejas y fundas deberá ser reciclable.

Las bandejas y fundas que se desechen deberán gestionarse de tal forma que no generen impacto sobre el medio.

Las desinfecciones realizadas sobre las bandejas y fundas se deberán realizar con productos recogidos en el Reglamento (CE) nº 2092/91.

- Recomendaciones:

Es interesante reutilizar, en la medida de lo posible, las bandejas utilizadas en la unidad ecológica. Éstas deberán estar identificadas.

Es interesante realizar las desinfecciones exclusivamente con vapor de agua.

**c) Sustrato**

- Requisitos:

El sustrato deberá estar constituido por uno o varios (en distintas proporciones) de los siguientes materiales, que serán la base de la mezcla:

- Turba
- Compost o mantillo
- Serrín de madera
- Cenizas de madera

Además se podrán aportar los siguientes materiales a la mezcla realizada:

- Cualquier material orgánico o minerales de origen natural incluidos en el Reglamento (CE) nº 2092/91.
- Vermiculita.

- Perlita.

El sustrato no deberá recibir ningún tipo de desinfección química no autorizada.

El sustrato no deberá incorporar ningún tipo de fertilizante de síntesis química.

- Recomendaciones:

Es interesante que la mezcla que constituye el sustrato presente entre un 40-60% de compost o mantillo.

Si fuese necesario algún tipo de desinfección del sustrato previo a su uso, es interesante que ésta fuese con vapor de agua o solarización.

### **2.2.8.2.3. Manejo.**

#### **a) Control de plagas y enfermedades**

- Requisitos:

Los productos utilizados en la unidad ecológica para el control de plagas y enfermedades deberán estar incluidos en el Reglamento (CE) n° 2092/91 y/o autorizados por el organismo de control.

La cantidad de cobre usado no deberá superar 6 Kg/ha y año a partir de enero de 2006.

Se deben usar mallas en las bandas y ventanas cenitales, así como dobles puertas.

- Recomendaciones:

Es interesante que la unidad ecológica presente una estructura adecuada para permitir un manejo óptimo de las condiciones ambientales.

Es interesante el uso de plantas trampas y/o atrayentes.

Es interesante el uso de la lucha biológica y medidas físicas, previo al uso de tratamientos fitosanitarios.

Es interesante colocar las plantas siempre en mesas de cultivo sobre bandejas con fundas, de tal forma que se prevengan las posibles infecciones y ataques de plagas.

#### **b) Fertilización**

- Requisitos:

Los productos utilizados en la unidad ecológica para la fertilización deberán estar incluidos en el Reglamento (CE) nº 2092/91 y/o autorizados por el organismo de control.

- Recomendaciones:

Es interesante basar parte de la fertilización en la preparación de un sustrato que incorpore entre un 40-60% de compost o mantillo.

### **2.2.9. Producción integrada en semilleros.**

Siguiendo los criterios de la OILB y según el Real Decreto que regula esta producción, se entiende por Producción Integrada el sistema agrícola de obtención de vegetales que utiliza al máximo los recursos y mecanismos de producción naturales y asegura a largo plazo una agricultura sostenible, introduciendo en ella mecanismos biológicos y químicos de control así como otras técnicas que compatibilicen las exigencias de la sociedad, la protección del medio ambiente y la productividad agrícola, así como las operaciones realizadas para la manipulación, envasado, transformación y etiquetado de productos vegetales acogidos al sistema.

En cuanto a la siembra y plantación, es obligatorio que el material vegetal proceda de productores autorizados y esté acompañado con el correspondiente Pasaporte Fitosanitario.

Cuando una partida de materia vegetal va provista de Pasaporte Fitosanitario significa que cumple con los siguientes requisitos:

- ◇ Han sido cultivados o manipulados por un productor o agente comercial registrado, sujeto al sistema de control fitosanitario y, como consecuencia, que se encuentren libres de organismos nocivos de cuarentena.
- ◇ Es además, un documento imprescindible para la circulación de determinados vegetales o productos vegetales dentro del territorio nacional y comunitario y sin el cual su circulación y comercio se considerarán clandestinos.
- ◇ Plantas de obligación de pasaporte: puerro, acelga, apio, melón, pepino, lechuga, espinaca, col, berza, nabo, pimiento, tomate y berenjena.
- ◇ Semillas de chalota, cebolla, cebolleta, tomate, judía, acelga.

El pasaporte fitosanitario es una etiqueta oficial que se coloca en el original del albarán de entrega o, en su caso, factura.

La emisión de los pasaportes fitosanitarios corresponde a las comunidades autónomas a través de sus Consejerías de Agricultura, que los facilita a los Productores una vez inspeccionados y aprobados los campos de su producción que lo requieren.

La colocación de las etiquetas oficiales en los albaranes la efectúan directamente los productores, siempre y cuando el estado fitosanitario de sus cultivos no haya sufrido modificación desde el momento que se realizó la inspección.

El trasplante debe llevarse a cabo dejando, al menos, una semana tras arrancar el anterior cultivo y realizar las oportunas labores. Queda prohibida la asociación de cultivos.

## **2.3. SUSTRATOS PARA SEMILLEROS HORTÍCOLAS.**

### **2.3.1. Definición.**

En horticultura, un sustrato es en general cualquier medio que se utilice para el cultivo de plantas en contenedores, entendiéndose por contenedor cualquier recipiente que tenga una altura limitada y su base se halle a presión atmosférica. Esta definición es independiente del tipo de material utilizado, siempre que éste tenga una matriz sólida. (Burés, 1997)

A nivel de germinación de las semillas, se requiere un sustrato de fácil preparación y manejo, de textura fina, con estructura estable, con elevada capacidad de retención de agua, que mantenga la humedad constante, con escasa capacidad de nutrición y con un bajo nivel de salinidad. (Abad, 1993).

### **2.3.2. Introducción.**

El desarrollo de los sustratos hortícolas tiene su origen en el cultivo en contenedor. Desde que se introdujo el cultivo en contenedor, se planteó la necesidad de un cambio conceptual con respecto al cultivo tradicional en suelo, apareciendo los sustratos, en sus distintas variantes, para sustituir al suelo natural. (Burés, 1997)

Las principales razones de ésta sustitución han sido, la necesidad de transportar plantas de un lugar a otro y la existencia de factores limitantes para la continuidad de los cultivos intensivos en el suelo natural, particularmente salinización, enfermedades y agotamiento de los suelos agrícolas (Abad, 1993).

Los materiales que componen un sustrato se han seleccionado tradicionalmente en base a su disponibilidad, coste, facilidad de manejo, ausencia de semillas de malas hierbas, insectos o patógenos o ausencia de fitotoxicidad. A medida que la población tomó conciencia respecto a la conservación del medio ambiente, y también a causa de las normativas inminentes sobre el uso de pesticidas y la contaminación de aguas subterráneas, actualmente se incluyen como nuevos factores de selección de sustratos la supresividad respecto a patógenos, la capacidad de ser reciclados, la optimización del consumo de agua y la prevención del lavado de nutrientes. Estos últimos factores implican una serie de cambios a nivel de materiales y también en los métodos culturales. (Burés, 1997)

Algunos materiales pueden ser a la vez, sustratos, cuando se utilizan como medio único, o componentes de sustratos, cuando se utilizan en mezclas. (Burés, 1997)

Existen infinidad de materiales que pueden ser empleados, solos o en mezclas, como sustratos o componentes de los sustratos; a éstos, además, pueden incorporarse abonos, correctores, o bien pueden sufrir procesos de transformación, de modo que se obtengan sustratos con características físicas, químicas y biológicas adecuadas para el cultivo en cada situación concreta. (Burés, 1997)

Aunque los compost han venido empleándose mayoritariamente en agricultura como abonos y enmiendas orgánicas del suelo, en los últimos años ha surgido un nuevo e importante campo de aplicación al utilizarse también como sustratos o componentes de sustratos para el cultivo sin suelo. Esta técnica se ha desarrollado con éxito como alternativa al cultivo convencional de flores y plantas hortícolas sobre suelos naturales, degradados o contaminados por cultivos repetitivos y el empleo masivo de fertilizantes químicos y plaguicidas. (Carmona y Abad, 2008)

En el proceso productivo actual resulta determinante el sustrato empleado por su estrecha correlación con el desarrollo de las plantas. Las turbas Sphagnum que proceden del Centro y Norte de Europa son, en la actualidad, la base de la mayoría de los sustratos comerciales. La importancia de las turbas rubias como componente de las mezclas de sustratos es debida a sus excelentes propiedades químicas, físicas y biológicas. Sin embargo, se ha emprendido una búsqueda de materiales locales que las puedan sustituir en numerosas partes del mundo, con el fin de reducir los costes de producción (Abad, 1991)

En este contexto, muchos residuos y subproductos de naturaleza orgánica generados por actividades agrarias, industriales o urbanas, adecuadamente compostados, están siendo utilizados con éxito, puros o en mezclas entre ellos y con turba como constituyentes de medio de cultivo, esto significa una valorización de dichos residuos y subproductos además de una contribución eficaz a la solución del problema medioambiental que plantea su acumulación y eliminación (Carmona y Abad, 2008).

### **2.3.3. Evolución.**

Dos hechos claros influyeron en la evolución del concepto de sustrato distinto del suelo natural. El primero fué el descubrimiento de que todas las plantas tienen los mismos requerimientos básicos, lo que llevó a la universalización de los sustratos. El segundo hecho fué el darse cuenta de que el medio de cultivo sólo proporciona soporte, humedad, aireación y nutrientes minerales, llevando, en consecuencia, a definir sustratos que no contenían suelo natural. (Burés, 1997)

Actualmente los aspectos relacionados con la conservación del medio ambiente están afectando a la concepción de los sustratos, incluyéndose como nuevos factores de selección de sustratos que sean supresitos respecto a patógenos, que sean reciclables, que eviten el lavado de nutrientes y que optimicen el consumo de agua. (Burés, 1997)

Algunos materiales “ecológicamente correctos” empiezan a aparecer en el mercado, como son los materiales procedentes del reciclaje de subproductos que son a la vez biodegradables o reciclables. Empiezan a eliminarse en algunos países materiales provenientes de yacimientos naturales, como la turba o la tierra volcánica, o materiales que no pueden ser reciclados. (Burés, 1997)

En cuanto a la prevención del lavado de nutrientes, conjuntamente a las nuevas técnicas culturales de soluciones nutritivas recirculantes, aparecen sustratos de elevada capacidad de intercambio iónico para el cultivo en maceta. Finalmente, respecto al consumo de agua, se están empezando a realizar estudios sobre la optimización del manejo del riego en sustratos para aumentar la eficiencia en el uso del agua. (Burés, 1997)

#### **2.3.4. Características de los sustratos.**

El mejor medio de cultivo para cada caso concreto variará de acuerdo con numerosos factores: tipo de material vegetal con el que se trabaja (semilla, plantas, estacas), especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas y regímenes de riego, aspectos económicos, etc.

Para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se requieren unas determinadas características del medio de cultivo (Raviv *et al.*, 1986; Abad, 1991, 1992; Abad *et al.*, 1993).

En la caracterización de sustratos se suelen distinguir tres tipos de propiedades: físicas, químicas y biológicas. La importancia del conocimiento de estas propiedades radica en que de ellas dependerá el manejo adecuado de la fertilización y del riego y por lo tanto, el éxito del cultivo. (Burés, 1997)

Entendemos por propiedades físicas aquéllas que podemos ver y sentir: granulometría, color, retención de agua y aireación. Por el contrario, las propiedades químicas influyen en el suministro de nutrientes, y no podemos apreciarlas con nuestros sentidos. Generalmente suele darse más importancia a las propiedades físicas de los sustratos, ya que una vez seleccionada una mezcla como medio de cultivo, apenas puede modificarse su estructura física, a diferencia de su composición química, que puede ser alterada durante el desarrollo de la planta, mediante el riego y abonado. (Ansorena Miner, 1994)

La estructura física de un sustrato está formada básicamente por un esqueleto sólido que conforma un espacio de poros, que pueden estar llenos de agua o de aire, y que corresponden a espacios situados entre las partículas de sustrato o dentro de las mismas partículas. El esqueleto sólido y el espacio poroso de los sustratos vienen definidos por la naturaleza del material y por el tipo de empaquetamiento. (Burés, 1997)

Según Burés (1997) la combinación de la estructura generada por las partículas de sustrato en el espacio y las características del material (naturaleza, composición elemental y estructura interna) determinarán las propiedades físicas y químicas de un sustrato:

- 1- La estructura interna de las partículas del material determina la porosidad interna y la densidad real, mientras que la granulometría y el tipo de empaquetamiento determina la distribución de tamaños de poros interparticulares. La densidad aparente es función de la distribución espacial y de la estructura interna del material. La porosidad es la suma de los poros internos y externos De ella

dependen las propiedades hídricas del sustrato, como la retención de agua y la permeabilidad.

- 2- La composición elemental y el modo de estar los elementos fijados a la matriz de un material determinan el contenido en nutrientes y el contenido de elementos fitotóxicos, como los metales pesados, y las actividades de intercambio de iones, también el pH, la capacidad tampón y el contenido de sales del sustrato se derivan de la actividad química del material.
- 3- Tradicionalmente se han clasificado los sustratos en orgánicos e inorgánicos. La materia orgánica fresca es susceptible de descomposición dando como productos finales los ácidos húmicos y fúlvicos. También la materia orgánica confiere una serie de propiedades a los sustratos, como son la actividad enzimática, actividad reguladora del crecimiento y actividad supresora frente a patógenos.

Para cumplir correctamente sus funciones de regulación del suministro de agua y aire, los sustratos deben poseer una elevada porosidad y capacidad de retención de agua, unidos aun drenaje rápido y una buena aireación. (Ansorena Miner, 1994)

### **2.3.4.1. Propiedades Físicas.**

#### **2.3.4.1.1. Granulometría.**

A simple vista apreciamos que los huecos que quedan libres entre partículas esféricas son más grandes cuanto mayor sea su tamaño. Sin embargo, una propiedad curiosa de los materiales esféricos es que el volumen total de los huecos entre partículas no depende de su diámetro. (Ansorena Miner, 1994)

Para las partículas de dimensiones comprendidas entre 1 y 10 mm, tanto la porosidad como la cantidad de agua retenida varían poco con el tamaño de partícula. Sin embargo, al pasar a partículas de tamaño inferior a 1 mm, se observa un brusco descenso de la porosidad y aumento de la retención de agua. Pero no todas las partículas menores de 1 mm tienen la misma influencia en las propiedades físicas. (Ansorena Miner, 1994)

En el sustrato con una distribución ancha de tamaños, las partículas pequeñas se alojan en los huecos entre partículas grandes, reduciendo su tamaño y, por tanto, la porosidad total y la ocupada por aire. Al mismo tiempo, aumentará la cantidad de agua retenida, al ser mayor el número de microporos. En consecuencia, las propiedades físicas de los sustratos dependen en gran medida de la distribución de tamaños de partícula, por lo que modificando o seleccionando adecuadamente esta última pueden conseguirse unas propiedades óptimas. (Ansorena Miner, 1994)

La granulometría de los materiales empleados como sustratos suele ser muy variable, dependiendo de múltiples factores: origen y naturaleza, sistema de recolección, condiciones de trituración y tamizado, etc. (Ansorena Miner, 1994)

La clasificación por tamaños de los sustratos orgánicos es distinta de la de los suelos minerales. Es estos últimos, las partículas menores de 2 mm suelen agruparse en

diferentes fracciones, según el sistema elegido (USDA americano o el Internacional), que van desde la arena gruesa hasta la arcilla. En el caso de sustratos, no existe un sistema universal de clasificación granulométrica de las diferentes fracciones que resultan del tamizado, ya que cada país ha ido adaptando a la serie de tamices correspondientes a sus normas oficiales, que en España son los de 1, 4, 5, 10, y 25 mm de luz. (Ansorena Miner, 1994)

### **2.3.4.1.2. Densidad y porosidad.**

La porosidad de un medio de cultivo es el porcentaje de su volumen que no se encuentra ocupado por fase sólida, es decir, el cociente entre el volumen de poros ( $V_p$ ) y el volumen total que el medio ocupa en el contenedor ( $V_t$ ). (Ansorena Miner, 1994)

La porosidad total ( $P_t$ ) se calcula a partir de la medida de la densidad aparente, con la cual se encuentra inversamente relacionada. La densidad aparente  $d_a$  se define como la masa seca o materia seca contenida en un centímetro cúbico de medio de cultivo. La relación entre ambas es la siguiente:

$$P_t (\%) = 100(1 - d_a / d_r)$$

La densidad real  $d_r$  se define como el cociente entre la masa de las partículas del medio de cultivo y el volumen que ocupan, sin considerar los poros y huecos. Su valor es propio del material y, a diferencia de  $d_a$ , no depende del grado de compactación ni del tamaño de partícula. (Ansorena Miner, 1994)

La base del contenedor limita el normal drenaje del agua, lo que puede crear condiciones de saturación, especialmente en su parte inferior. Este fenómeno induce un problema evidente de aireación que debe corregirse combinando materiales de granulometría gruesa (entre 0,25 y 5 mm que confiera un tamaño de poros grande entre 30 y 300 mm) cuyos poros drenan con facilidad a bajas tensiones, con contenedores cuya relación volumen/altura sea la adecuada, puesto que un incremento de la altura de los mismos produce un incremento de drenaje debido al aumento de la componente gravitacional del potencial hídrico total. (Carmona y Abad, 2008)

La porosidad cerca de las paredes de un contenedor es mayor que en el centro del empaquetamiento, puesto que las partículas de sustrato se empaquetan de modo distinto cuando están en contacto con una pared lisa, aumentando a la vez el tamaño de poros y la porosidad. Este fenómeno hace que el tamaño del contenedor tenga un efecto en la porosidad del sustrato, principalmente en contenedores pequeños, como los alvéolos para plántulas. Así, al existir poros más grandes cerca de las paredes se establecen canales preferentes de drenaje, aumentando la aireación del sustrato. Es posible que el hecho de que las raíces se distribuyan cerca de las paredes del contenedor sea debido a este efecto. (Burés, 1997)

Cuando se mezclan distintos tamaños de partículas, las mezclas resultantes tienen mayor densidad aparente y menor porosidad que antes de mezclar. Es decir, existe una contracción de volumen respecto al volumen que tendrían las fracciones integrantes de

la mezcla por separado. Al mezclar dos tamaños distintos de partículas, las partículas pequeñas dominan el empaquetamiento cuando se hallan en mayor proporción. Al aumentar la proporción de partículas mayores la porosidad decrece porque el volumen que estaría lleno de partículas pequeñas, con sus poros externos, está ahora lleno de material sólido (partículas grandes). (Burés, 1997)

### 2.3.4.1.3. El agua en el sustrato.

Un sustrato es un sistema formado por tres fases: sólida, que está constituida por las partículas del sustrato; la fase líquida, constituida por el agua del sustrato que contiene sustancias disueltas y la fase gaseosa, que es el aire del sustrato. La fase líquida ha recibido desde los inicios de los estudios de investigación en sustratos una atención especial en cuanto a que es la que define la disponibilidad de agua para las plantas, sirve de soporte a la solución nutritiva y su conocimiento desde los puntos de vista energético e hidráulico permite de un modo práctico establecer la dosis y frecuencias de riego. (Burés, 1997)

Según Burés (1997) para describir el flujo de agua a través de un sustrato es necesario introducir el concepto de potencial hídrico que indica el estado energético del agua. El potencial total del agua del sustrato es una suma de potenciales simples que pueden medirse independientemente. Normalmente se distinguen tres componentes:

$$\Psi_t = \Psi_p + \Psi_0 + \Psi_z$$

Siendo:

$\Psi_t$  = potencial total del agua en el sustrato.

$\Psi_p$  = potencial de presión, que incluye los términos:

$\Psi_p^m$  = potencial matricial.

$\Psi_p^u$  = potencial neumático.

$\Psi_p^e$  = potencial envolvente.

$\Psi_0$  = potencial osmótico.

$\Psi_z$  = potencial gravitacional.

Pero no es suficiente que la cantidad total de agua contenida en un medio de cultivo sea la necesaria para la planta, ya que puede estar retenida con una fuerza muy elevada, superior a la de succión que es capaz de ejercer la planta. Interesa por tanto, más que la cantidad total de agua retenida por un sustrato, la capacidad de retención de Agua disponible. Esta se define como la cantidad de agua retenida por el sustrato entre su capacidad de contenedor y el punto de marchitez permanente, en que la planta es incapaz de extraer más agua del medio. (Ansorena Miner, 1994)

El agua retenida por un sustrato no se reparte uniformemente en toda la altura del contenedor. Por tanto un mismo volumen de sustrato retendrá más agua cuanto menor sea la altura del contenedor. Esto tiene importantes consecuencias en la práctica, ya que

un mismo sustrato en capas de pequeño espesor, como los semilleros o tacos, retendrá más agua que en contenedores más profundos. (Ansorena Miner, 1994)

A su vez, las proporciones de agua y aire en sustratos en contenedores de altura semejante dependerán de los tamaños de los poros. Cuanto más pequeños sean estos, mayor será la cantidad de agua retenida por el sustrato. Por las mismas razones expuestas, la capacidad de contenedor de un medio de cultivo será siempre superior a su capacidad de campo, por lo que los medios de cultivo en contenedor deberán tener una mayor proporción de poros grandes que los suelos naturales, para que las raíces de las plantas satisfagan sus necesidades de oxígeno. (Ansorena Miner, 1994)

Es evidente que deben existir determinadas fuerzas que retienen el agua en los poros más pequeños del sustrato, venciendo la acción de la fuerza de gravedad, que tiende a extraer el agua al exterior. Estas fuerzas son de dos tipos: capilares y osmóticas.

Las fuerzas capilares son el resultado de la atracción del agua por las superficies. Cuanto menor sea el tamaño de partícula, y por tanto, el diámetro de los poros, mayor será la fuerza de retención de agua por capilaridad. De esto se deduce que la fuerza de succión que deberá ejercer la planta para extraer el agua retenida por el sustrato será tanto mayor cuanto menores sean los poros, esta energía necesaria para extraer un volumen determinado de agua se llama potencial matricial. (Ansorena Miner, 1994)

Un sustrato a capacidad de contenedor pierde agua a medida que la planta va efectuando una succión, debida a la transpiración del agua por las hojas, al principio la planta extrae con facilidad el agua retenida en los poros grandes (a bajos potenciales), pero a medida que las raíces van extrayendo agua, en el sustrato irá quedando la que ocupe los poros cada vez más pequeños, por lo que será mayor la succión que la planta ha de efectuar para extraer un volumen determinado de agua. (Ansorena Miner, 1994)

#### **2.3.4.1.4. Solubilidad de los gases.**

La aireación del sustrato es importante en cuanto que las raíces de las plantas absorben oxígeno y liberan dióxido de carbono durante la respiración, lo que hace necesario que exista un intercambio gaseoso entre el sustrato y la atmósfera con el fin de evitar la deficiencia de oxígeno y el exceso de dióxido de carbono en el medio radicular. Además de las raíces de las plantas, los microorganismos que se hallan en el sustrato también respiran, compitiendo con la planta por el oxígeno que se halla en el sustrato. (Burés, 1997)

Los gases se pueden mover en fase gaseosa o bien disueltos en la fase líquida del sustrato. El intercambio gaseoso entre la atmósfera y el sustrato puede ocurrir por dos procesos distintos: el flujo de masa del aire que reemplaza al agua del sustrato a medida que esta se agota, o en un proceso de difusión a través de la fase líquida. El mecanismo principal de intercambio de gases en el sustrato es por difusión y se origina por los gradientes de concentración que crean las raíces y los microorganismos al respirar y por la producción de gases asociada a las reacciones biológicas de fermentación, nitrificación y desnitrificación. (Burés, 1997)

La tasa de difusión de gases depende de la cantidad de espacio poroso lleno de aire, o de la capacidad de aireación, de un sustrato; a capacidad de contenedor depende de la cantidad de aire presente en el contenedor. En un sustrato, el aire está saturado de humedad y la proporción de CO<sub>2</sub> es mayor que en la atmósfera. Si no se renueva este aire, pueden tener lugar reacciones químicas de reducción, formándose gases como el metano o el etileno. (Burés, 1997)

#### **2.3.4.2. Propiedades químicas.**

La reactividad de un sustrato se plasma en un intercambio de materia entre el material sólido que forma el sustrato y la solución del mismo. La reactividad química de los sustratos es el conjunto de reacciones químicas que tienen lugar por la interacción del agua con el material. Un sustrato podrá ser más o menos estable en el tiempo en función de su reactividad química, puesto que el material que compone el sustrato puede reaccionar con la fase líquida, liberando o adsorbiendo elementos nutritivos o bien puede ser un material que no se descomponga ni libere elementos solubles. (Burés, 1997)

Según Burés (1997), existen dos tipos extremos de sustratos desde el punto de vista químico:

1. Sustratos químicamente inertes, son aquellos que no se descomponen químicamente o bioquímicamente, no liberan elementos solubles de forma notable ni tienen capacidad de adsorber elementos añadidos a la solución del sustrato. En los sustratos inertes no existe transferencia de materia entre el material sólido y la solución.
2. Sustratos activos químicamente o no inertes, reaccionan liberando elementos debido a la degradación, disolución o reacción de los compuestos que forman el material sólido del sustrato o bien adsorbiendo elementos en su superficie que pueden intercambiar con los elementos disueltos en la fase líquida.

Las propiedades químicas del sustrato se refieren de un modo macroscópico a las reacciones de disolución e hidrólisis de los constituyentes minerales, intercambio de iones o descomposición de la materia orgánica, siendo las determinaciones químicas que se utilizan generalmente para la caracterización de sustratos. (Burés, 1997)

##### **2.3.4.2.1. pH.**

Con excepción de algunos aportes de nitrógeno y azufre procedentes de la atmósfera, la mayoría de nutrientes necesarios para su crecimiento los toma la planta por las raíces, de la solución acuosa en que se hallan disueltos. Como la capacidad de absorción de agua de la planta no es ilimitada, una parte importante de los nutrientes aportados se perdería por lavado o lixiviación, si no fuesen retenidos por el medio de cultivo. (Ansorena Miner, 1994)

La acidez del medio se expresa por su pH, del que depende en gran medida el valor de CIC. Pero además, la gran importancia del pH radica en que puede reflejar la existencia de desequilibrios o toxicidades (manganeso, aluminio) para las raíces, y sobre

todo, en que regula lo solubilidad, y por tanto, la disponibilidad de los nutrientes minerales. (Ansorena Miner, 1994)

La acidez potencial es la medida de los iones  $H^+$  que están adsorbidos en el complejo de cambio y que se pueden disociar en  $H^+$  libres, constituyendo una reserva de acidez para el sustrato. Los iones  $H^+$  libres constituyen la acidez activa que es la que se mide en la determinación del pH del agua. La acidez potencial está en equilibrio con la acidez activa. Cuando se neutraliza la acidez activa, la acidez potencial libera iones  $H^+$  intercambiables para restablecer el equilibrio, cambiando la reacción o pH del sustrato solamente cuando se haya agotado la reserva de  $H^+$  potencial. (Burés, 1997)

Las plantas pueden crecer sin restricciones en un amplio intervalo de pH (4 a 8), siempre que las concentraciones de nutrientes disponibles se mantengan en niveles suficientes. En sustratos orgánicos, el rango óptimo de pH para el crecimiento de las plantas es el comprendido entre 5,0 y 5,5, lo que no excluye que puedan crecer satisfactoriamente fuera de ese intervalo. (Ansorena Miner, 1994)

#### **2.3.4.2.2. Capacidad de intercambio catiónico.**

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es la capacidad de un sustrato de adsorber e intercambiar iones. Se expresa generalmente en miliequivalentes por 100 gramos de sustrato o por litro de sustrato. La CIC es la suma de todos los cationes intercambiables o complejo de cambio. Los cationes divalentes generalmente están adsorbidos con más fuerza que los monovalentes y se intercambian con más dificultad. (Burés, 1997)

La capacidad de intercambio catiónico depende del pH. Los materiales muy ácidos, o que tienen el complejo de cambio saturado de  $H^+$ , liberan iones  $H^+$  que se intercambian con los iones de la solución. Se puede saturar el complejo de cambio de un sustrato con iones determinados mediante su titulación, los cuales pueden mantenerse mediante aportes continuos de una misma solución nutritiva y actúan como tamponadores de esta solución después del tiempo. (Burés, 1997)

Teniendo en cuenta que en los sustratos orgánicos la mayor parte de la carga es dependiente de pH, y que las plantas se cultivan a valores de pH comprendidos entre 5,0 y 6,0, se comprende la importancia de determinar la CIC de los sustratos a valores de pH semejantes a aquellos a los que se cultivan las plantas en el medio de cultivo. (Ansorena Miner, 1994)

La mayoría de los nutrientes retenidos como reserva en el complejo de cambio serán cationes aunque algunas arcillas desarrollan cargas eléctricamente positivas, y por tanto, poseen una cierta capacidad de intercambio aniónico (CIA). Igual que la CIC, aumenta con el pH, aunque generalmente adquiere valores muy inferiores. La CIA es máxima para el fosfato y mínima para cloruros y nitratos, que son apenas retenidos, por lo que se lixivian, el sulfato ocupa una posición intermedia. (Ansorena Miner, 1994)

A diferencia de los suelos minerales, los sustratos orgánicos no poseen CIA, por lo que la disponibilidad de los nutrientes que se encuentran en forma aniónica estará

condicionada por otro mecanismo de regulación, la formación y disolución de precipitados poco solubles. (Ansorena Miner, 1994)

### **2.3.4.2.3. Capacidad tampón.**

La capacidad tampón de un sustrato mide su poder amortiguador sobre cambios rápidos en el pH provocados por la adición de fertilizantes de carácter ácido o básico al sustrato y se estima mediante las curvas de valoración del sustrato frente a los ácidos y las bases. La capacidad tampón de un sustrato aumenta con la capacidad de intercambio catiónico. El sustrato puede trasladar los iones  $H^+$  de los ácidos adicionados o neutralizar los grupos  $OH^-$  de las bases adicionadas por intercambio catiónico o por neutralización. El poder tampón de los sustratos orgánicos es en general superior al de los inorgánicos puesto que las sustancias húmicas proporcionan capacidad tampón frente a un amplio margen de pH. (Burés, 1997)

### **2.3.4.2.4. Conductividad eléctrica.**

La conductividad eléctrica, junto al pH, son herramientas fundamentales para el manejo del sistema de producción. La conductividad eléctrica permite determinar la salinidad o concentración de sales solubles en la solución del sustrato y su valor puede ser determinado mediante un extracto saturado, aunque existen otros métodos que pueden ser utilizados en sustratos minerales como el indicado por De Kreij *et al.*, (1995). Los altos valores de CE en algunos materiales antes de ser utilizados como sustratos están fuertemente relacionados con su origen y transformación, presentándose de manera general en los compost de desechos urbanos (Wilson *et al.*, 2003). Un sustrato con una conductividad eléctrica elevada puede corregirse mediante lavados o lixiviación controlada (Kerr y Hanan, 1985; Bunt, 1988; Urrestarazu *et al.*, 2000). Para hortalizas, el nivel óptimo de salinidad en la solución del sustrato es de 3 a 5  $dS\ m^{-1}$  (Abad *et al.*, 2004)

Bunt, (1988) clasifica a la salinidad del extracto saturado de los sustratos en: < a 0,75  $dS\ m^{-1}$  como muy bajo; de 0,75-1,99  $dS\ m^{-1}$  adecuado para la germinación de semillas y crecimiento de plántulas; de 2,00 a 3,50  $dS\ m^{-1}$  satisfactorio para la mayoría de las plantas y como valores elevados cuando la conductividad eléctrica supera 3,5  $dS\ m^{-1}$

### **2.3.4.2.5. Contenido en ácidos húmicos o fúlvicos.**

Todos los materiales orgánicos que no son de síntesis son inestables termodinámicamente y son por lo tanto, susceptibles de degradación mediante reacciones químicas de hidrólisis o bien por la acción de microorganismos o descomposición biológica. (Burés, 1997)

A efectos prácticos, la degradación de la materia orgánica se manifiesta en el sustrato orgánico mediante la aparición de deficiencias de nitrógeno, liberación de elementos y sustancias que pueden ser beneficiosas o fitotóxicas, cambios en el balance de la relación  $O_2/CO_2$ , reducciones del volumen del sustrato, etc. Además, la materia

orgánica puede albergar microorganismos patógenos, puede contener agentes supresivos de patógenos o de poblaciones fúngicas simbiotes de los vegetales y puede poseer actividad enzimática y reguladora del crecimiento. La presencia de materia orgánica en un sustrato actúa como un reservorio dosificador de nutrientes, no sólo en cuanto a su capacidad de transformar cationes metálicos en complejos metálicos solubles disponibles para las plantas y actuar como sumidero de metales pesados, reduciendo los riesgos de fitotoxicidad causada por los mismos. (Burés, 1997)

El humus, compuestos o sustancias húmicas constituyen el producto final de la descomposición de la materia orgánica, junto con los elementos mineralizados. Los compuestos húmicos son sustancias de color de amarillento a negro estables frente a la descomposición que no se hallan en los organismos vivos y tienen naturaleza coloidal. (Burés, 1997)

Las sustancias húmicas tienen un papel importante en la disponibilidad de micronutrientes para las plantas, puesto que forman complejos con los metales como el hierro, manganeso, cinc o cobre, y contribuyen a mejorar la adsorción por las plantas del fósforo, nitrógeno, potasio, calcio y magnesio. (Burés, 1997)

Suelen utilizarse algunos parámetros como indicadores del estado de descomposición de la materia orgánica. Éstos son los denominados parámetros de madurez de un compost, que pueden ser de carácter químico (relación carbono-nitrógeno o C/N, grado de descomposición) o de carácter biológico (técnicas respirométricas). (Burés, 1997)

La relación C/N se ha utilizado ampliamente como indicador del origen, del grado de madurez y de la estabilidad de la materia orgánica, puesto que su valor depende del material y decrece a medida que fermenta la materia orgánica. En general varía entre 5 y 30 para un material comportado y una C/N inferior a 20 se suele tomar como indicadora de madurez y estabilidad. Esta relación, sin embargo, puede resultar engañosa puesto que parte del carbono y del nitrógeno pueden estar en formas no descomponibles, por tanto la C/N no puede considerarse fiable para indicar la madurez de un compost. Existen algunas variantes a este índice que se consideran más fiables, como la determinación de la relación C/N-orgánico o la capacidad de intercambio catiónico. (Burés, 1997)

Algunos productos derivados de la descomposición de la materia orgánica, como los derivados fenólicos, afectan al balance hormonal inhibiendo o favoreciendo la actividad de las hormonas vegetales. Algunos materiales como las cortezas, contienen sustancias que inhiben el crecimiento y que se eliminan generalmente mediante compostaje. Existen también algunas hormonas ligadas a la materia orgánica, como las auxinas, o el etileno que se libera en condiciones reductoras (por ejemplo, por exceso de agua). La materia orgánica puede adsorber reguladores de crecimiento aplicados exógenamente al sustrato. (Burés, 1997)

Algunos materiales orgánicos presentan actividad supresora frente a hongos y se utilizan para combatir hongos patógenos. La supresión puede deberse a diversos factores, entre ellos, factores físicos relacionados con la disponibilidad de oxígeno y el drenaje, un pH inadecuado al desarrollo de los microorganismos patógenos, presencia o ausencia de elementos como el nitrógeno, etc. La supresión puede ser biótica o abiótica

y generalmente se debe a un conjunto de características de difícil precisión. (Burés, 1997)

### **2.3.4.3. Propiedades biológicas.**

Una característica fundamental de los materiales usados como sustratos es que posean una alta estabilidad biológica. De no ser así continuaría su biodegradación dentro de los contenedores durante el cultivo, generando diversos inconvenientes como: fuente de consumo de oxígeno y ambiente reductor en la rizosfera; inmovilización de N; producción de sustancias fitotóxicas; y, alteración de las propiedades físicas por disminución del tamaño de las partículas, cambio en el empaquetamiento de las mismas y consecuentemente, apelmazamiento y reducción del tamaño de los poros y de la porosidad total. Por tanto es imprescindible extremar el cuidado en la consecución de un grado de madurez adecuado cuando el compost vaya a ser utilizado como sustrato. (Carmona y Abad, 2008)

Otros inconvenientes de los compost inmaduros, ya señalados anteriormente, son la capacidad para inmovilizar N, particularmente cuando la fracción celulósica está todavía en fase activa de descomposición, así como la presencia de fitotoxinas orgánicas (polifenoles, resinas, ácidos alifáticos de cadena corta, monoterpenos, etc.), muy frecuentes en los residuos vegetales al ser algunas de estas sustancias productos del metabolismo secundario de las plantas. (Carmona y Abad, 2008)

### **2.3.5. Materiales que se utilizan o pueden utilizarse como sustratos de cultivo.**

El número de materiales que pueden ser utilizados como sustratos es muy amplio. Es frecuente que se recurra a la mezclas de distintos materiales para obtener características apropiadas para el cultivo. Así muchos materiales que no pueden utilizarse solos, por tener características no adecuadas, como es el caso de los lodos de depuradoras, encuentran una aplicación como sustratos de cultivo. Muchos residuos o subproductos derivados de explotaciones agrícolas o industriales están actualmente sustituyendo a los materiales más tradicionales por la ventaja que representan en la disminución del coste. Además, en algunos países se ha empezado a limitar el uso de materiales no renovables, como la turba, o difícilmente reciclables, como la lana de roca. La mayor parte de los materiales procedentes de residuos requieren un proceso de adecuación que permita obtener características estables. (Burés, 1997)

Los materiales que se utilizan de un modo general como sustratos, han sido seleccionados en base a distintos criterios que hacen que estos sean aptos. En general el preparador de sustratos tiende a rechazar aquellos materiales que no han sido suficientemente estudiados o contrastados, los que tienen disponibilidad estacional o limitada, los que presentan dificultad excesiva en su manejo, los que bajo ciertas circunstancias puedan resultar fitotóxicos, los que no son uniformes y pueden dificultar la obtención de un sustrato estable, los materiales con precio de coste elevado o los que no tengan propiedades adecuadas. (Burés, 1997)

### **2.3.6. Clasificación de sustratos.**

Según Burés (1997), los materiales se han clasificado tradicionalmente de modo muy diverso, aunque vamos a destacar las de según sus propiedades y según el origen de los materiales.

Según sus propiedades nos encontramos con:

- Sustratos químicamente inertes, como son la arena, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida y lana de roca.
- Sustratos químicamente activos, como son la turba, fibra de coco, vermiculita y corteza de pino.

Según el origen de los materiales tenemos:

- Materiales orgánicos. Existen los materiales orgánicos de origen natural y los de síntesis. Los materiales orgánicos de origen natural están sujetos a descomposición biológica y en general, pueden ser utilizados como sustratos después de sufrir una serie de procesos biológicos de transformación artificial, por ejemplo es el caso del compostaje. Los materiales orgánicos de síntesis son polímeros orgánicos no biodegradables que se suelen obtener mediante procesos químicos, como el poliestireno o las espumas de poliuretano, que por sus características muchas veces se clasifican erróneamente como inorgánicos.
- Materiales inorgánicos. Son los materiales no orgánicos no sujetos a descomposición biológica. Se presentan en dos tipologías características, los materiales de origen natural en sentido estricto, y los materiales alterados. Los materiales inorgánicos se obtienen a partir de rocas o minerales de distintos orígenes e incluyen suelos naturales.
- Materiales mixtos. Este grupo comprende subproductos minerales de diversas industrias, como por ejemplo, los residuos de filtraje que suelen ser materiales inorgánicos colmatados por residuos orgánicos de origen diverso según el proceso industrial para el que se utilizan.

### **2.3.7. Tipos de sustratos:**

#### **2.3.7.1. Perlita.**

La perlita natural es una roca volcánica vítrea formada por enfriamiento rápido, constituyendo un material amorfo que contiene entre un 2 y un 5 % de agua atrapada y

que tiene una densidad aparente de unos 1500 Kg. De materia seca por m<sup>3</sup>. (Burés, 1997)

La perlita expandida tiene una estructura celular cerrada, en consecuencia, el porcentaje de poros no percolantes o cerrados al exterior es elevado. Su superficie es rugosa y contiene numerosas indentaciones, hecho que le da una gran área superficial y permite que pueda retener agua en superficie, además del agua retenida en los poros internos. Es un material casi inerte que no se descompone biológica o químicamente, aunque a pH inferiores a 5 puede aparecer fitotoxicidad por aluminio. Su pH es neutro, no tiene casi C.I.C y presenta una baja densidad aparente. No contiene microorganismos, siendo completamente estéril por su proceso de obtención. (Burés, 1997)

La perlita puede ser utilizada varias veces, pudiéndose esterilizar mediante vapor de agua. (Burés, 1997)

### **2.3.7.2. Vermiculita.**

La vermiculita natural es un mineral cuya composición es la de un silicato hidratado de magnesio y que pertenece al subgrupo de los filosilicatos (arcillas). (Burés, 1997)

Existen diversos tamaños y densidades, destinándose generalmente a la horticultura los tipos de 1 a 4 mm y densidad aparente entre 85 y 100 Kg. de materia seca por m<sup>3</sup>. (Burés, 1997)

La vermiculita exfoliada tiene una gran capacidad de retener agua dentro de los espacios interlaminares y también entre partículas individuales. Es un material muy ligero y adsorbe gran cantidad de nutrientes. Su pH es neutro, si bien debido a la presencia de impurezas de rocas carbonatadas, la reacción es normalmente alcalina. Presenta una C.I.C muy elevada, de 90 a 150 meq/l, similar a materiales orgánicos como la turba. (Burés, 1997)

El principal inconveniente de la vermiculita exfoliada radica en que se comprime con facilidad, tendiendo a colapsarse y disgregarse perdiendo su estructura, por lo que no se aconseja para cultivos de ciclo largo. Su pH alcalino también puede conllevar a algunos problemas. (Burés, 1997)

### **2.3.7.3. Turbas.**

Turba es un nombre genérico que se aplica a diversos materiales que proceden de la descomposición de los vegetales, dependiendo de su naturaleza del origen botánico y de las condiciones climáticas predominantes durante su formación, que determinan a su vez el estado de descomposición. Principalmente, son el régimen hídrico y el flujo de agua los que regulan el tipo de vegetación y por lo tanto la turba formada. (Burés, 1997)

Los histosoles, turberas o suelos turbosos consisten en la acumulación de materia orgánica cuando la tasa de acumulación supera a la tasa normal de mineralización,

debido a que se forman en condiciones no favorables a la biodegradación de la materia orgánica, en medios anaeróbicos o semianaeróbicos. (Burés, 1997)

Este tipo de suelos se desarrollan de abajo hacia arriba a medida que la masa vegetal muerta se deposita sobre ella misma, dependiendo de la acumulación de materia orgánica de la productividad de la vegetación y de la tasa de descomposición. (Burés, 1997)

Las turbas utilizadas en horticultura se suelen clasificar en oligotróficas o eutróficas, altas o bajas, rubias o negras. En general, coinciden las turbas oligotróficas con las altas y rubias (se forman en zonas elevadas, pobres en bases y tienen color claro al estar poco descompuestas) y las turbas eutróficas con las bajas y negras (se forman en zonas bajas, ricas en bases y están descompuestas por lo que su color es más oscuro). (Burés, 1997)

En el proceso productivo actual resulta determinante el sustrato empleado por su estrecha correlación con el desarrollo de las plantas. Las turbas *Sphagnum* que proceden del Centro y Norte de Europa son, en la actualidad, la base de la mayoría de los sustratos comerciales. La importancia de las turbas rubias como componente de las mezclas de sustratos es debida a sus excelentes propiedades químicas, físicas y biológicas. Sin embargo, se ha emprendido una búsqueda de materiales locales que las puedan sustituir en numerosas partes del mundo, con el fin de reducir los costes de producción (Abad, 1991) además debe añadirse el hecho de que la turba es un recurso natural difícilmente renovable cuya extracción provoca la destrucción de zonas de alto valor ecológico lo que cuestiona su disponibilidad futura. (Carmona y Abad, 2008)

### **2.3.7.3.1. Clasificación y propiedades.**

#### **1. Turbas oligotróficas, altas o rubias.**

La turba rubia de *Sphagnum* constituye un material aceptado internacionalmente para el cultivo hortícola. Su uniformidad constituye el principal motivo de aceptación, pues facilita en gran medida el manejo, otras ventajas son sus características físicas y químicas y el hecho de estar exenta de patógenos y semillas de malas hierbas. (Burés, 1997)

Debido a las buenas cualidades físicas de su estructura, posee una excelente porosidad, como prácticamente no contiene ningún elemento nutritivo, puede ser abonada según las soluciones tipo, proporcionando además una amplia aireación de las raíces. Esta tiene un bajo peso específico. La capacidad de absorción de agua de una turba pura de *Sphagnum* constituye aproximadamente de diez-quince veces su peso. Además de estas cualidades podemos señalar también una alta CIC (entre 80 y 180 meq/l) y baja salinidad. (Burés, 1997)

#### **2. Turbas eutróficas, bajas o negras.**

Están fuertemente descompuestas y son poco recomendables para el uso agrícola. Suelen presentar baja C.I.C. alta contracción y elevada salinidad. Actualmente se está

recuperando el uso de esta turba dada la menor disponibilidad de turba *Sphagnum*. (Burés, 1997)

### 3. Turberas de transición.

Tienen propiedades intermedias entre las dos anteriores.

**Tabla 11. Niveles de referencia de las propiedades físicas y químicas de los sustratos para la producción de plántulas hortícolas en semillero (adaptado de Abad et al., 1999).**

Propiedad	Unidad	Intervalo óptimo
Índice de grosor	%	30-45
Densidad aparente	gr·cm <sup>-3</sup>	≤ 0,2
Espacio poroso total (v:v)	%	>85
Volumen de aire a -0,5 KPa	%(v:v)	20-30
Volumen de agua a -0,5 KPa	%(v:v)	55-65
Capacidad de aireación <sup>2</sup>	%(v:v)	20-30
Agua total disponible <sup>3</sup>	%(v:v)	24-40
Capacidad de retención total de agua	ml·l <sup>-1</sup>	≥ 500
Mojabilidad	min	≤ 5
Contracción	%(v:v)	< 30
pH (suspensión acuosa 1:6, v:v)		5.3-6.5
CE (extracto acuoso 1:6, v:v)	dS·m <sup>-1</sup>	0.151-0.5
Capacidad de intercambio catiónico	me·100 gr <sup>-1</sup>	> 20
Materia orgánica total	%	> 80
Relación C/N		20-40
Nutrientes asimilables (ext. Acuoso 1:6, v:v)	mg·l <sup>-1</sup>	sustrato
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		51-130
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		< 50
P		19-55
K <sup>+</sup>		51-250
Mg <sup>2+</sup>		16-85

Fuente: Carmona y Abad, 2008.

#### 2.3.7.4.Fibra de coco.

La fibra de coco es un subproducto de la industria del coco que se encuentra disponible en grandes cantidades en los países productores de cocos (*Cocos nucifera L.*). Son generalmente restos de fibras, de longitud inferior a 2 mm, los que suelen utilizarse en mezclas como sustrato y se presentan generalmente prensadas en ladrillos que deben deshacerse y rehumectarse previamente a su uso. (Burés, 1997)

La fibra de coco consiste en partículas de lignina y celulosa, con una relación C/N de 80. Aunque en general la fibra de coco puede utilizarse fresca, para algunos tipos de fibra de coco que presentan fitotoxicidad en el material fresco es preferible el compostaje antes de su uso en mezcla para sustratos, debiéndose añadir nitrógeno en el compostaje. (Burés, 1997)

Este material tiene elevada capacidad de retención de agua y se ha utilizado tradicionalmente para mejorar las propiedades físicas y químicas de los suelos. La

aplicación de fibra de coco mejora la retención de agua, aumenta la disponibilidad de nutrientes y la tasa de infiltración, la porosidad total y la conductividad hidráulica de los suelos donde se utiliza como enmienda. Tiene bajo contenido en nutrientes, excepto para el potasio, el cual es elevado y puede ser utilizado como fuente de tal para el cultivo en campo. Su pH varía entre 4,0 y 7,0, su conductividad eléctrica puede variar entre 0,1 y 6,0 dS/m, procediendo la elevada salinidad del lavado o contacto con agua de mar en las zonas donde procede, en este aspecto puede resultar un inconveniente para el cultivo. (Burés, 1997)

### **2.3.7.5.Lana de roca.**

La lana de roca consiste en un medio artificial formado por fibras 0,005 mm de grueso y 3 m de longitud. Las planchas comprimidas pesan entre 70 y 80 Kg. de materia seca por m<sup>3</sup>.El producto final puede ser un granulado, bloques de propagación o planchas de cultivo. Los gránulos pueden ser hidrófilos o hidrófobos. Los gránulos hidrófilos son para cultivo directo y semilleros y los gránulos hidrófobos para airear mezclas en sustratos. (Burés, 1997)

Es un material muy poroso (96 % del volumen) que retiene grandes cantidades de agua y aire, siendo casi toda el agua fácilmente disponible para las plantas.

El pH varía entre neutro y alcalino. En algunos casos se cita que a pH muy ácidos se descomponen las fibras. No tiene capacidad tampón. Se considera en general un medio inerte, aunque es posible que las plantas se beneficien del calcio, magnesio, hierro y manganeso presentes en la lana de roca. En algunos casos se citan problemas de acumulación de sales. (Burés, 1997)

La lana de roca en copos se puede utilizar en mezclas como sustitutivo de otros materiales, si bien la capacidad de intercambio catiónico es muy baja, lo que hace que se deba considerar la nutrición y además se debe desfibrar para que no se apelmace. Su volumen se contrae una vez mezclado. (Burés, 1997)

La lana de roca es un medio estéril y puede desinfectarse para su reutilización. (Burés, 1997)

### **2.3.8. Legislación de sustratos.**

La mayoría de los materiales utilizados como sustratos para la germinación y desarrollo de las plántulas son turbas de importación, sobre las cuales no existe un control de calidad y fitosanitario y una legislación específica que regule dicho sector.

La normativa existente al respecto es muy escasa y poco clara:

- Normativa sobre Turbas y Substratos MAPA, 1987 (BOE n° 146 de 19-07-91)
- Real Decreto 2071/93, MAPA (BOE n° 300 de 16-12-93)

Los productos como turbas, perlita, vermiculita, etc., se encuentran registrados por el MAPA en el Registro de Productos Fertilizantes y Afines.

## **2.4. COMPOST.**

### **2.4.1. Breve historia y definiciones.**

El proceso de degradación biológica de residuos orgánicos está documentado desde el siglo I d.C. (Holgado *et al.*, 1988). Desde entonces, los agricultores han seguido esta práctica (degradación natural) utilizando el producto resultante como abono. Los productos así obtenidos no siempre conservaban su potencial nutritivo debido a la falta de control sobre el proceso. Actualmente tanto el proceso de producción (compostaje) como del producto final (compost) se hace necesario para asegurar una óptima calidad y mínimos costes. (Bueno *et al.*, 2008)

El término compost, es un término muy extendido en la literatura en castellano y cuya traducción podría ser mantillo. (Labrador *et al.*, 1993)

El compostaje es un proceso biológico termofílico en donde la materia orgánica es descompuesta por una gran cantidad de microorganismos, bacterias, hongos, protozoos, ácaros, miriápodos, entre otros organismos aeróbicos, digieren los compuestos orgánicos transformándolos en otros más simples. (Rynk, 1992)

El compost se define como el producto que resulta del proceso del compostaje y maduración, el cual consta de la materia orgánica estabilizada semejante al humus. Debe ser un producto inocuo y sin sustancias fitotóxicas, de modo que puede utilizarse en Horticultura sin riesgos de daños a las plantas y pueda almacenarse sin que sufra alteraciones posteriores. (Zucconi *et al.*, 1987)

El compostaje es un proceso de descomposición oxidativa de los constituyentes orgánicos de los materiales de deshecho, que se lleva a cabo bajo condiciones controladas sobre sustratos sólidos orgánicos heterogéneos, originando un producto que representa grandes beneficios cuando es adicionado al suelo. (Peña, 2002)

### **2.4.2. Normativa.**

El compostaje como forma de valorización de residuos, es incentivada en el marco normativo autonómico por la Ley 7/2007 de 18 de Mayo, de Gestión Integrada de la calidad ambiental y en el marco normativo estatal por la ley 10/1998 de 21de Abril, de residuos.

Las características que ha de cumplir el compost para su aplicación en agricultura están reguladas en España por el Real Decreto 72/1988 de 5 de febrero, modificado posteriormente por el Real Decreto 877/1991, de 31 de mayo y por la Orden de 28 de mayo de 1998, sobre fertilizantes y afines, que también fue modificada posteriormente

por la de 2 de noviembre de 1999 del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación sobre productos fertilizantes y afines.

El compost está incluido dentro de las enmiendas orgánicas contempladas dentro del anejo III, habiendo también una especificación propia en el artículo 12 de la Orden de 28 de mayo de 1998, sobre fertilizantes y afines, que dice "Los lodos tratados de depuración, definidos y regulados por el Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, podrán ser utilizados como materia prima del compost, siempre que no superen el 35% (peso/peso) de la materia inicial". (Fuentes, 2003)

• **Contenidos exigidos para su aplicación en Agricultura:**

- Materia orgánica total, mínimo. . . . . .25%
- Humedad máxima. . . . . .40%
- Límites máximos de metales pesados. Véase la tabla 12.

*Tabla 12. Límites máximos en metales pesados*

METALES PESADOS	LÍMITE MÁXIMO		
	A	B	C
Cadmio	0,7	2	3
Cobre	70	300	400
Níquel	25	90	100
Plomo	45	150	200
Zinc	200	500	1000
Mercurio	0,4	1,5	2,5
Cromo (total)	70	250	300

*Fuente: RD 825 2005 sobre productos fertilizantes.*

*Unidades: mg/kg. de materia seca.*

*Clase A: Productos fertilizantes cuyo contenido en metales pesados no supera ninguno de ellos los valores de la columna A.*

*Clase B: Productos fertilizantes cuyo contenido en metales pesados no supera ninguno de ellos los valores de la columna B.*

*Clase C: Productos fertilizantes cuyo contenido en metales pesados no supera ninguno de ellos los valores de la columna C.*

- Granulometría: con carácter general, en los abonos orgánicos y enmiendas orgánicas, el 90 % del producto fertilizante deberá pasar por una malla de 10 mm, salvo que en la especificación del tipo se fije una cifra diferente.
- Porcentaje de Nitrógeno orgánico: el contenido en nitrógeno orgánico deberá ser al menos de un 85 % del nitrógeno total, salvo que en los requisitos específicos el tipo se dispongan otros valores.

### **2.4.3. Residuos para compost: los residuos hortícolas y su problemática en la horticultura almeriense.**

Se estima que la superficie cultivada bajo plástico en la provincia de Almería genera un volumen de residuos vegetales hortícolas de 1.000.000 Tm. al año. Uno de los objetivos de la horticultura actual es la obtención de sistemas de producción

cerrados capaces de reducir al mínimo las pérdidas producidas en éstos, e indirectamente disminuir el impacto ambiental producido por los agrosistemas ligados al cultivo sin suelo e intensivos. Para ello se estudió la posibilidad de la utilización de los residuos hortícolas compostados como sustrato alternativo en cultivo sin suelo. De todos los estudios realizados se puede concluir que el compost de residuos vegetales es inocuo desde el punto de vista fitopatógeno y sustancias fitotóxicas, siendo posible su uso en cultivo sin suelo sin consecuencias negativas en la producción (Salas *et al.*, 2001).

En los últimos años, los cultivos sin suelo experimentaron una gran expansión estimándose que actualmente en el sudeste español (Almería, Murcia y Granada) existen unas 3500 Ha distribuidas entre los diferentes tipos de sustratos. Básicamente existen en el mercado dos grandes sustratos comerciales, perlita y lana de roca, que ocupan la mayor parte de la superficie cultivada en cultivo sin suelo. Ambos sustratos son fabricados por un proceso industrial más o menos complejo. Frente a éstos están introduciéndose en el mercado otros tipos de sustratos que provienen de residuos de diferentes industrias o agrosistemas (fibra de coco, cáscara de almendra, etc.).

Al conjunto de materiales que son susceptibles de ser utilizados como sustratos en cultivo sin suelo y que pueden sustituir a los tradicionalmente más extendidos en horticultura se les denomina *sustratos alternativos*. Son considerados más adecuados desde el punto de vista medioambiental. Dentro de este grupo podríamos incluir el material proveniente del compostado de residuos hortícolas producidos por los cultivos intensivos.

Como “residuo” se entiende a todo aquel material generado en las actividades de producción y consumo, el que no alcanza ningún valor económico en las condiciones de tiempo y de lugar en que se han producido, y que es preciso recoger y tratar por razones de salud, evitar ocupaciones innecesarias de espacio e incluso por motivaciones estéticas (Otero, 1992). Los residuos vegetales quedarían englobados dentro de los residuos biodegradables que son todos aquellos capaces de descomponerse de forma aerobia y anaerobia (Salas *et al.*, 2001).

Evidentemente, las enormes cantidades de residuos orgánicos producidos por la horticultura intensiva suponen un grave problema a la hora de su eliminación, siendo el compostaje de esta materia un buen ejemplo de reutilización de residuos con el importante beneficio medioambiental que conlleva.

Hasta ahora los residuos hortícolas eran utilizados principalmente para el enriquecimiento en materia orgánica en suelos de mala calidad y en ocasiones como alimento verde para el ganado. Sin embargo, otra posible eliminación de los residuos vegetales sería su compostaje y posterior reincorporación de los mismos a los agrosistemas intensivos como sustrato en los cultivos sin suelo.

El objetivo principal en los ensayos era evaluar la posibilidad de utilizar los residuos hortícolas compostados como sustrato de cultivo, pudiendo de esta manera contribuir en la obtención de sistemas de producción cerrados capaces de reducir al mínimo las pérdidas producidas en éstos, e indirectamente disminuir los efectos del impacto ambiental producido por los agrosistemas ligados al cultivo sin suelo e intensivos (Salas *et al.*, 2001).

## **2.4.4. Compostaje.**

### **2.4.4.1. Definición.**

El compostaje es un proceso dinámico, biológico, aerobio y en consecuencia termófilo (Saña y Soliva, 1987; citados por Soliva *et al.*, 2008), que para llevarse a cabo necesita: materia orgánica, población microbiana inicial y las condiciones óptimas para que ésta se desarrolle con multiplicidad de funciones y actividades sinérgicas; para ello y para que la población microbiana sea lo más variada posible debe mantener una serie de equilibrios: aire/agua, biopolímeros y nutrientes y, en el caso de aplicarse a elevadas cantidades de residuos orgánicos, un control muy estricto para conseguir:

- Eficiencia en el proceso.
- Reducción al mínimo de las emisiones y de las pérdidas de nutrientes.
- Un producto final de características conocidas y adecuadas para su destino.

Las condiciones ambientales (físicas y químicas) en las que se desarrolla la actividad microbiana (afectando a su supervivencia, metabolismo y crecimiento) están constantemente cambiando, como resultado de la acumulación de los subproductos de su misma actividad (incluida la energía calorífica) (Soliva *et al.*, 2008).

Un proceso de compostaje, bien controlado y aplicado a los materiales adecuados, reduce la humedad, el peso, el volumen de los residuos tratados y conduce a un producto estabilizado, almacenable, transportable y utilizable en un suelo agrícola o de otro tipo. Este producto final, el compost, al ser aplicado en un suelo puede mejorar la infiltración y retención de agua, disminuir las fluctuaciones de temperatura, reducir la erosión, mejorar la sanidad de los cultivos al favorecer un control natural de plagas y aportar nutrientes para el sustento de las plantas.

Es un proceso productivo como cualquier otro. Las limitaciones de su aplicación pueden dividirse en extrínsecas e intrínsecas: en el primer grupo incluiríamos las de tipo político, social, económico y tecnológico; integrarían el segundo grupo las limitaciones del propio proceso y de los materiales susceptibles de ser compostados (características físicas, contenido en agua, materia orgánica, nitrógeno y contaminantes).

No tiene sentido compostar residuos de mala calidad o compostar residuos buenos y hacerlo mal. Los beneficios que producirá se podrán cuantificar con el tiempo: evitar problemas de acumulación de residuos, de colapso de vertederos, mejora de los suelos y cultivos, etc. (Smith y Col, 2001; citados por Soliva *et al.*, 2008).

La transformación de la materia orgánica contenida en los residuos orgánicos es lenta de manera natural lo que no permitiría su aplicación a todos los residuos generados

en la actualidad. De aquí la necesidad de la tecnología que simplemente tiene que acelerar la capacidad espontánea de los microorganismos.

#### 2.4.4.2. Etapas y clasificación de los sistemas de compostaje.

El proceso de compostaje puede ser tan variado como el origen de los residuos que vamos a tratar, realizándose incluso una acción diferente en función de las posibles mezclas que se pueden realizar con cada uno de ellos.

Hoy día se ha conseguido la aceleración y tecnificación del proceso, existiendo más de 50 sistemas comercializados (Tchobanoglous *et al.*, 1994). El punto fundamental que comparten todos los métodos consiste en optimizar los mecanismos necesarios para la aireación periódica de los residuos.

En el proceso de compostaje cabe distinguir dos etapas fundamentales:

- **Fase biooxidativa:** Esta fase de descomposición depende totalmente del tipo de material a tratar y de las características del sistema a aplicar. Puede dividirse en tres etapas de acuerdo con las variaciones de temperatura (Soliva, 1999):
  - **Mesolítico.** La masa vegetal está a temperatura ambiente y las diversas familias de microorganismos mesófilos inician la descomposición de los compuestos fácilmente degradables, provocando un incremento de temperatura y un descenso de pH debido a los ácidos orgánicos (Soliva, 1999).
  - **Termofílico.** Cuando se alcanza una temperatura de 40 °C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. A los 60 °C estos hongos termófilos se inactivan y la descomposición es llevada a cabo por actinomicetos y bacterias formadoras de esporas. Las sustancias fácilmente degradables como azúcares, grasa, almidón y proteínas, son rápidamente consumidos y la mayoría de patógenos humanos y vegetales son destruidos; el pH se va alcalinizando al liberar amoníaco las proteínas; a su vez la celulosa y ligninas son parcialmente alteradas. La tasa de degradación decrece al ir quedando los materiales más resistentes (Soliva, 1999).
  - **De enfriamiento.** Cuando la temperatura es menor de 60 °C, reaparecen los hongos termófilos que reinvasen el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40 °C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente.
- **Fase de maduración:** Es un periodo que requiere meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus (Iglesias, 1991). La maduración

depende del tipo de material que se ha tratado, pero su duración y las condiciones en que se deba llevar a cabo dependerán mucho del destino final del producto (en particular en el caso de fabricación de sustratos) y como se hayan desarrollado etapas anteriores. En esta fase los microorganismos mesófilos, al igual que los diversos tipos de microfauna colonizan el compost medio maduro. Se genera una intensa competición por los alimentos, formación de antibióticos y aparición de antagonismos; obteniéndose al final un producto, más o menos estable, según la duración de la última fase (Soliva, 1999).

Aunque Beccari (1912), desarrolló un sistema industrial de tratamiento de residuos orgánicos basado en una primera etapa anaerobia y un tratamiento final parcialmente aerobio, una de las primeras operaciones organizadas de compostaje que aparece en la literatura fue llevada a cabo en la India a principio de los años treinta. Se denominó método “Indore” y consistía en la excavación de una zanja de 60 a 90 cm de profundidad donde se introducían residuos orgánicos que se volteaban unas dos veces en seis meses, tiempo de duración del proceso.

Los sistemas de compostaje atendiendo a diferentes criterios tales como nivel de complejidad, grado de control del proceso o método de ventilación empleado, pueden clasificarse en sistemas abiertos y sistemas cerrados:

- En los sistemas de compostaje **cerrados** el proceso se realiza en unos recipientes llamados reactores, contenedores o digestores. Estos sistemas tienen la ventaja de un mayor control de las condiciones del proceso, la necesidad de un menor espacio para la construcción de sus instalaciones, los tiempos de compostaje son relativamente más cortos y se evitan las emisiones de malos olores, pero en cambio tienen un elevado coste de inversión y mantenimiento que en muchas ocasiones los hace inviables desde el punto de vista económico. Pueden distinguirse sistemas estáticos como compostaje en túnel y en contenedores aireados y sistemas dinámicos como los contenedores aireados-agitados, túneles dinámicos y los reactores de tambor rotativo.
- En los sistemas de compostaje **abiertos** los materiales a compostar se colocan en pilas/hileras, montones o mesetas y se diferencian dos tipos: estático y dinámico. En los sistemas dinámicos la aireación de la pila se realiza de forma periódica mediante volteos. Entre sus limitaciones, cabe citar que la ventilación de la pila solo se hace de manera periódica y por lo tanto el nivel de oxígeno no se mantiene constante, impidiéndose el aumento de las oxidaciones biológicas y haciendo que el proceso de compostaje sea más lento. En los sistemas estáticos ventilados, el material a compostar se coloca sobre un conjunto de tubos perforados o una solera porosa, conectados a un sistema que aspira o insufla aire a través de la pila. Cuando la temperatura excede el óptimo, unos sensores que controlan el ventilador lo activan para inyectar el aire necesario para enfriar la pila abasteciéndola de oxígeno. La ventilación controlada impulsa la actividad de los microorganismos que intervienen en el proceso de compostaje por lo que se consigue una rápida transformación de los residuos en compost (4-8- semanas). Es importante la homogeneidad del material a compostar ya que durante el proceso de compostaje no se realiza mezcla mecánica de materiales.

Otra clasificación general de estos sistemas puede basarse en la agitación o no del material, conocidos por compostaje en hileras y en pila estática aireada (Aguilar; González, 1998).

1. **Compostaje en hileras.** Se disponen hileras de unos 2 a 2.3 m. de altura y 4.5 a 5 m. de base (aunque depende básicamente de la maquinaria que se va a utilizar para voltear el material) y se realizan volteos periódicos que tienen como objetivo introducir el aire necesario para mantener la aerobiosis del proceso (Aguilar y González, 1998).
2. **Compostaje en pila estática aireada.** Fue desarrollada por el Departamento de Agricultura de EE.UU. en Beltsville, Maryland, se pretendía mantener una masa en compostaje con niveles de oxígenos superiores al 18%, para lo cual se aspiraba aire a través de unas tuberías perforadas que atravesaban la pila a compostar, alcanzándose temperaturas de 70°C (López-Real, 1995).

El sistema Rutgers, también basado en pilas estáticas aireadas, ponía mayor énfasis en el control de la temperatura que el nivel de oxígeno, produciendo una aireación continua cuando la temperatura superaba los 55 °C mediante la inyección de aire a través de tuberías perforadas, lo que evitaba la inhibición sobre la microflora producida por las altas temperaturas del sistema Beltsville.

Actualmente se ejecutan los sistemas cerrados o reactores, que en esencia se clasifican según el flujo de residuos sea horizontal o vertical y el aporte sea continuo o discontinuo.

El control exhaustivo y corrección de las variables de temperatura, humedad y oxigenación de la mezcla en estos verdaderos reactores químicos han reducido significativamente el tiempo necesario para la finalización de la etapa biooxidativa inicial, situándola en 1 ó 2 semanas. Posteriormente suele emplearse un tiempo de curado que no baja de 4 semanas (Tchobanoglous *et al.*, 1994).

También se puede clasificar el compostaje en función del grado de evolución alcanzado durante el proceso, el compost se puede clasificar en frescos, maduros y curados.

- **Compost fresco:** El compost fresco sería el que ha atravesado una fase termófila, experimentando por ello una descomposición parcial, pero aún no ha alcanzado la estabilización. Al añadirse al suelo continúa su proceso de degradación, mejorando la estructura del suelo y la actividad microbológica, puede provocar efectos desfavorables en los cultivos.
- **Compost maduro:** Es el producto final de la fase de estabilización, que cumple las especificaciones sanitarias, por lo que puede ser aplicado al suelo cuando se inicien los cultivos, aunque no es conveniente su contacto con el sistema radicular de la planta.

- **Compost curado:** Ha sufrido un largo proceso de maduración y mineralización pudiendo ser empleado como sustrato en contacto directo con el sistema radicular.

Durante años se han desarrollado diferentes sistemas de compostaje, variables según el tipo de residuo a utilizar. Es posible compostar muy variados tipos de restos vegetales, como restos de poda de jardinería, cortezas de diversos árboles, restos de plantas hortícolas u ornamentales, o restos urbanos, como los residuos orgánicos urbanos y los lodos de depuradora.

### **2.4.5. Factores que influyen en el compostaje.**

Las variables más importantes que afectan a los sistemas de compostaje pueden ser clasificados en dos tipos: parámetros de seguimiento (aquellos que han de ser medidos, seguidos durante todo el proceso y adecuados, en caso de ser necesario, para que sus valores se encuentren en los intervalos considerados correctos para cada fase del proceso (Jeris y col citado por Bueno *et al.*, 2008) y parámetros relativos a la naturaleza del sustrato (aquellos que han de ser medidos y adecuados a sus valores correctos fundamentalmente al inicio del proceso (Madejón *et al.* Citado por Bueno *et al.* 2008)

Entre los parámetros de seguimiento se encuentran: temperatura, humedad, pH, aireación y espacio de aire libre. (Bueno *et al.*, 2008)

Entre los relativos a la naturaleza del sustrato: tamaño de partícula, relaciones C/N y C/P, nutrientes, materia orgánica y conductividad eléctrica. (Bueno *et al.*, 2008)

#### **2.4.5.1. Parámetros de seguimiento.**

##### **2.4.5.1.1. Temperatura.**

La evolución de la temperatura representa muy bien el proceso de compostaje, pues se ha comprobado que pequeñas variaciones de temperatura afectan más a la actividad microbiana que pequeños cambios de la humedad, pH o C/N. (Bueno *et al.*, 2008)

Por la evolución de la temperatura se puede juzgar la eficiencia y el grado de estabilización a que ha llegado el proceso, ya que existe una relación directa entre la temperatura y la magnitud de la degradación de la materia orgánica. (Bueno *et al.*, 2008)

##### **2.4.5.1.2. Humedad.**

Siendo el compostaje un proceso biológico de descomposición de la materia orgánica, la presencia de agua es imprescindible para las necesidades fisiológicas de los microorganismos, ya que es el medio de transporte de las sustancias solubles que sirven

de alimento a las células y de los productos de deshecho de las reacciones que tienen lugar durante dicho proceso. (Bueno *et al.*, 2008)

La humedad óptima para el compostaje microbiano está entre el 50-70 %, la actividad biológica decrece mucho cuando la humedad está por debajo del 30 %, por encima del 70 % el agua desplaza al aire en los espacios libres existentes entre las partículas, reduciendo la transferencia de oxígeno y produciéndose una anaerobiosis. Cuando las condiciones se hacen anaerobias se originan malos olores y disminuye la velocidad del proceso. (Bueno *et al.*, 2008)

#### **2.4.5.1.3. pH.**

Según Bueno *et al.* (2008), la evolución del pH en el compostaje presenta tres fases. Durante la fase mesófila inicial se observa una disminución del pH debido a la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica más lábil, produciéndose una liberación de ácidos orgánicos. Eventualmente, esta bajada inicial del pH puede ser muy pronunciada si existen condiciones anaeróbicas, pues se formará aún más cantidad de ácidos orgánicos. En una segunda fase se produce una progresiva alcalinización del medio, debido a la pérdida de los ácidos orgánicos y la generación de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas. Y en la tercera fase el pH tiende a la neutralidad debido a la formación de compuestos húmicos que tienen propiedades tampón. (Bueno *et al.*, 2008)

Aunque las plantas pueden sobrevivir en un amplio intervalo de pH, el crecimiento y el desarrollo de los cultivos se pueden ver reducidos de modo marcado en condiciones de acidez o basicidad extremas. (Masaguer y Benito, 2008)

El pH tiene una incidencia directa sobre la disponibilidad de los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, tanto en tiempo como en forma y además, influye en el valor de la capacidad de intercambio catiónico y la actividad biológica. Bajo condiciones de cultivo intensivo valores adecuados deben estar próximos a la neutralidad o ligeramente ácidos. (Masaguer y Benito, 2008)

#### **2.4.5.1.4. Aireación.**

Para el correcto desarrollo del compostaje es necesario asegurar la presencia de oxígeno, ya que los microorganismos que en él intervienen son aerobios.

Las pilas de compostaje presentan porcentajes variables de oxígeno en el aire de sus espacios libres: la parte más externa contiene casi tanto oxígeno como el aire (18-20 %); hacia el interior el contenido de oxígeno va disminuyendo, mientras que el dióxido de carbono va aumentando, hasta el punto de que a una profundidad mayor de 60 cm el contenido de oxígeno puede estar entre 0,5 y 2 %. (Ekinci y col 2004, citado por Bueno *et al.*, 2008)

Una aireación insuficiente provoca una sustitución de los microorganismos aerobios por anaerobios, con el consiguiente retardo en la descomposición, la aparición de sulfuro de hidrógeno y la producción de malos olores. (Bidlemaier 1996, citado por Bueno *et al.*, 2008)

El exceso de ventilación podría provocar el enfriamiento de la masa y una alta desecación con la consiguiente reducción de la actividad metabólica de los microorganismos. (Zhu, 2006, citado por Bueno *et al.*, 2008)

## **2.4.5.2. Parámetros relativos a la naturaleza del sustrato.**

### **2.4.5.2.1. Tamaño de partícula.**

El tamaño inicial de las partículas que componen la masa a comportar es una importante variable para la optimización del proceso, ya que cuanto mayor sea la superficie expuesta al ataque microbiano por unidad de masa, más rápida y completa será la reacción. Pero aunque un pequeño tamaño de partícula provoca una gran superficie de contacto para el ataque microbiano, también se reduce el espacio entre partículas y aumenta las fuerzas de fricción (Haug, 1993); esto limita la difusión de oxígeno hacia el interior y de dióxido de carbono hacia el exterior, lo cual restringe la proliferación microbiana y puede dar lugar a un colapso microbiano al ser imposible la aireación por convección natural. (Bueno *et al.*, 2008)

Las dimensiones consideradas óptimas son distintas según los criterios de distintos autores, variando entre 1 y 5 cm. (Haug, 1993), entre 2 y 5 cm. (Kiehl, 1985) o entre 2,5 y 2,7 cm. (Tchobanogolus *et al.*, 1994 citado por Bueno *et al.*, 2008)

### **2.4.5.2.2. Relaciones C/N y C/P.**

La relación C/N es un importante factor que influye en la velocidad del proceso y en la pérdida de amonio durante el compostaje; si la relación C/N es mayor que 40 la actividad biológica disminuye y los microorganismos deben oxidar el exceso de carbono con la consiguiente ralentización del proceso, debido a la deficiente disponibilidad de N para la síntesis proteica de los microorganismos.

Tradicionalmente se ha usado como índice para determinar la madurez y estabilidad de la materia orgánica (Masaguer y Benito). La relación C/N ideal para un compost totalmente maduro es cercana a 10, similar a la del humus. En la práctica, se suele considerar que un compost es suficientemente estable o maduro cuando  $C/N < 20$ . (Bueno *et al.*, 2008)

### **2.4.5.2.3. Nutrientes.**

La característica química más importante de los sustratos es su composición elemental. La utilidad agronómica de los residuos con posibilidad de ser compostados está en función de la disponibilidad de los elementos nutritivos que posean (Kiehl, 1985). Los microorganismos sólo pueden aprovechar compuestos simples, por lo que

las moléculas más complejas se rompen en otras más sencillas para poder ser asimiladas. (Castaldi *et al.* 2005 citado por Bueno *et al.*, 2008)

Entre los elementos que componen el sustrato destacan el C, N, P, que son macronutrientes fundamentales para el desarrollo microbiano.

Además de C, N, y P existen otros nutrientes presentes en menor cantidad (micronutrientes). Estos tienen un importante papel en la síntesis de las enzimas, en el metabolismo de los microorganismos y en los mecanismos de transporte INTA y extracelular. (Miyatake *et al.*, 2006)

#### **2.4.5.2.4. Materia orgánica.**

El conocimiento del contenido de los compost en materia orgánica es fundamental, pues se considera como el principal factor para determinar su calidad agronómica (Kiehl, 1985). Durante el compostaje la materia orgánica tiende a descender debido a su mineralización y a la consiguiente pérdida de carbono en forma de anhídrido carbónico estas pérdidas pueden llegar a representar casi el 20 % en peso de la masa comportada. (Zucconi *et al.*, 1987)

#### **2.4.5.2.5. Conductividad eléctrica.**

La conductividad eléctrica de un compost está determinada por la naturaleza y composición del material de partida, fundamentalmente por su concentración de sales y en menor grado por la presencia de iones amonio o nitrato formados durante el proceso (Sánchez-Monedero, 2001, citado por Bueno *et al.* 2008)

La CE tiende generalmente a aumentar durante el proceso de compostaje debido a la mineralización de la materia orgánica, hecho que produce un aumento de la concentración de nutrientes. (Bueno *et al.*, 2008)

La dosis de compost que puede añadirse a un suelo debe ser proporcional a la CE del compost. Un exceso de salinidad en la solución del suelo dificulta la absorción de agua por las raíces de las plantas, de modo que en algunos casos, en esas condiciones, sólo prosperan las especies resistentes. (Bueno *et al.*, 2008)

#### **2.4.6. Mejora de las propiedades físico-químicas de los compost.**

Según López y Boluda (2008) para elaborar un compost de calidad, es necesario aplicar algún tipo de gestión como es la recogida en selectiva de la fracción orgánica, que permite obtener menor contenido en metales pesados e impropios, respecto a la fracción orgánica de residuos urbanos separados mecánicamente en planta.

Según Mazuela y Urrestarazu (2004), para el éxito de un cultivo en compost como sustrato es importante ser muy estricto en las consignas de conductividad eléctrica y pH que deben mantenerse cercanas a 2,2 y 5, respectivamente. Cuando en las características del compost se observa una alta salinidad y pH obliga a un acondicionamiento previo

del sustrato. Idealmente, este acondicionamiento consiste en un lavado inicial con ácido nítrico a pH 2,5 en igual volumen que el sustrato, luego se debe continuar el lavado con agua de riego en relación 1:5 (volumen de sustrato: volumen de agua).

#### **2.4.7. Métodos para determinar la madurez de un compost.**

La evaluación del grado de madurez del compost es considerado uno de los grandes problemas, en relación con la aplicación de este producto, fundamentalmente en su aplicación agronómica.

La aplicación de un compost inmaduro puede provocar un bloqueo biológico del nitrógeno asimilable. También la descomposición posterior a su aplicación produce un descenso del contenido de oxígeno y del potencial de oxireducción del suelo, así como un aumento de temperatura del mismo y el desarrollo de sustancias fitotóxicas. Además pueden ocasionar un aumento de la solubilidad de los metales pesados.

La estabilidad biológica y humificación, considerados de forma conjunta, es lo que desde un punto de vista estrictamente científico supone el concepto de madurez del compost (Iglesias y Pérez , 1989; Inbar *et al.*, 1990). Desde un punto de vista práctico se entiende como compost maduro un material térmicamente estabilizado, lo cual no implica necesariamente una estabilización biológica. Numerosos autores diferencian entre grado de estabilidad biológica del compost-que se determina normalmente mediante test respirométricos (medida del consumo de O<sub>2</sub> o liberación de CO<sub>2</sub>) o algunos test comerciales como Solvita o test Dewar de autocalentamiento- y grado de madurez.

El concepto de estabilidad biológica del compost se entiende como la tasa o grado de descomposición de la materia orgánica, que se puede expresar como una función de la actividad microbiológica y se determina, como hemos dicho, por medidas respirométricas, o por la liberación de calor como resultado de la actividad de los microorganismos (Iannotti *et al.*, 1993). Sin embargo, existe una controversia en cuanto al concepto de madurez, que suele emplearse con frecuencia como sinónimo de estabilidad. Actualmente existe una corriente muy extendida entre la comunidad científica (y cada vez más aceptada) que define el grado de madurez como sinónimo únicamente de ausencia de fitotoxicidad en el producto final, producida por determinados compuestos orgánicos fitotóxicos (amoníaco, ácidos orgánicos, compuestos fenólicos hidrosolubles, etc.) que se forman durante la fase activa del compostaje (fase bio-oxidativa). Por tanto, desde este punto de vista, el grado de madurez puede determinarse simplemente mediante la respuesta vegetal, y se han propuesto numerosos bioensayos para este fin. El más popular es el método de Zucconi *et al.* (1981a, 1981b) o test de germinación de *Lepidium sativum* L. Sin embargo la fitotoxicidad puede ser causada por otros factores, como la presencia de altas concentraciones de metales pesados potencialmente fitotóxicos de algunos residuos y/o una alta concentración de sales solubles. Este hecho limita la aplicación del test de fitotoxicidad para la determinación de la madurez de algunos compost (Wu *et al.*, 2000).

Un compost altamente “humificado”, es aquel cuya materia orgánica ha evolucionado durante un largo período de tiempo de maduración hacia formas más resistentes a la biodegradación (y que presenta numerosas similitudes a las propiedades de la materia orgánica humificada del suelo), es un compost altamente maduro, que implícitamente está biológicamente estabilizado y además carece de sustancias orgánicas fitotóxicas. Por tanto, el término madurez conceptualmente engloba el término estabilidad. Es decir, cuando se indica que un compost es inmaduro implícitamente se entiende que no está estabilizado biológicamente.

La evaluación de la madurez del compost ha sido reconocida como el más importante problema concerniente a su utilización agronómica, ya que la aplicación a los suelos de cultivo de un compost inmaduro es una de las causas más frecuentes de los fracasos observados en ocasiones en el rendimiento de los cultivos. Pues bien, la determinación correcta del grado de madurez de la materia orgánica (definido en términos de estabilidad biológica y “humificación” siguiendo un criterio estrictamente operacional, constituye en la actualidad un problema pendiente en relación al control del proceso de compostaje, para la obtención de compost de alta calidad. Numerosos métodos y criterios (físicos, químicos y biológicos) han sido propuestos, pero la mayoría, aisladamente, no son operativos para su aplicación práctica a todo tipo de materiales. Es decir, no existe un único método universal para su aplicación a cualquier tipo de compost (Chikae *et al.*, 2006) y por tanto es imprescindible la aplicación combinada de determinados parámetros indicadores de la actividad microbiana durante el compostaje y de la “humificación” del material para evitar los serios riesgos que conlleva la aplicación a los suelos de cultivo de compost insuficientemente maduros.

Para evitar estos posibles efectos negativos y obtener compost de alta calidad es imprescindible establecer correctamente el grado de madurez, mediante el empleo de métodos rápidos y sencillos. Sin embargo, la mayoría de los métodos utilizados en la actualidad no son definitivamente concluyentes, por lo que respecta al producto final. En efecto, la mayoría de métodos o criterios están basados en el estudio de la evolución de determinados parámetros físico-químicos y bioquímicos a lo largo del proceso de compostaje, cuyo comportamiento es un reflejo de la actividad metabólica de los microorganismos implicados en el proceso. La evolución de estos parámetros durante el compostaje mantiene normalmente una tendencia similar independientemente del tipo y origen de la materia orgánica original, por lo que estos parámetros son aplicables a la determinación del grado de madurez durante el compostaje (el proceso). Sin embargo, determinados parámetros considerados individualmente no son suficientes para establecer el grado de madurez de los compost comerciales (el producto). Por esto, la mayoría de los parámetros estudiados son aplicables al compostaje (el proceso) y solo algunos al compost (el producto). De ahí la dificultad de establecer un único método de aplicación universal cuando se consideran al mismo tiempo, de forma complementaria, varios métodos o criterios. Estos parámetros combinados (índices de madurez) deberían reunir las siguientes condiciones:

- Que sean aplicables al producto sin necesidad de conocer su evolución anterior. Es decir, que se pueda deducir si el proceso de compostaje se ha realizado correctamente.
- Deben ser parámetros sencillos en las condiciones operativas para una aplicación práctica. De la amplia bibliografía existente, hemos obviado en este capítulo aquellos métodos complejos que requieren personal muy especializado y que por tanto no son operativos.

- Su aplicación debe tener una clara justificación científica. Se debe asegurar al menos la estabilidad térmica del material y además es necesario un parámetro indicativo del grado de “humificación” para poder obtener compost de alta calidad.
- Finalmente, el índice de madurez tiene que ser reproducible con independencia del origen geográfico del material.

#### **2.4.8. Utilización de los compost en los semilleros agrícolas.**

Las especiales exigencias ambientales, hídricas y de protección sanitaria requeridas durante los primeros estados del desarrollo vegetal son más fáciles de controlar sobre instalaciones de pequeña superficie y con una densidad muy alta de plantas, es decir, en semilleros. El posterior trasplante a terreno definitivo asegurará un establecimiento más fácil de la planta, reduciéndose los riesgos económicos en comparación con la siembra directa cuando se utilizan costosas semillas de híbridos.

##### **2.4.8.1. Efectos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas.**

Los semilleros prefieren un sustrato de tamaño de partícula pequeño para facilitar la mecanización del relleno de las bandejas. Es muy importante conseguir una compactación óptima; de lo contrario, se verán alteradas propiedades físicas tan importantes como la porosidad, la retención de agua o la aireación.

En la tabla 11, presentada anteriormente, se detallan los niveles óptimos o de referencia de las propiedades físicas y químicas más importantes de los sustratos utilizados para la producción de plántulas en semillero (Abad y col., 1999; citado por Carmona y Abad, 2008). Dichos niveles pueden variar en función de las exigencias de la especie vegetal, el clima, las prácticas de manejo como riego y fertilización, etc.

Al margen de dichas características, es imprescindible asegurar la ausencia de agentes fitopatógenos y fitotoxinas, así como de altos niveles de sales solubles, debido a la especial sensibilidad que muestran las plantas a dichos factores durante el proceso de germinación y los primeros estadios del desarrollo.

##### **2.4.8.2. Ensayos de compost.**

❖ Moreno (2002) evaluó los parámetros de calidad de planta de semillero en tomate *c.v. Durinta* usando como sustrato compost proveniente de R.S.U. y restos vegetales.

Los sustratos utilizados fueron turba rubia, sustrato enriquecido, compost de R.S.U. y restos vegetales y los parámetros medidos fueron porcentaje de germinación, parámetros morfológicos (diámetro del tallo, longitud del tallo, número de hojas, longitud de las hojas y coeficiente de ahilamiento), eficiencia fotosintética y biomasa total.

En todos los parámetros estudiados (a excepción de la germinación y del coeficiente de ahilamiento), las mezclas que, en general, mostraron mayores resultados fueron las que se componían de compost proveniente de RSU y restos vegetales, junto con sustrato enriquecido y perlita.

Desde el punto de vista del semillero, el uso de compost tuvo un efecto negativo para la germinación debido a que retrasó la germinación frente al testigo aunque no afectó a la viabilidad de la semilla.

El efecto positivo del uso de compost proveniente de RSU y restos vegetales como sustrato sustitutivo de la turba rubia en semillero, a raíz del presente ensayo, fue dependiente de la dosis de compost utilizada en la mezcla de sustratos, de la combinación de dicho compost con turba rubia o negra y del efecto de la fertilización.

❖ Avilés (2004) evaluó la respuesta de las plantas procedentes de mezclas de sustratos de R.S.U. en fase de semillero, realizando un ensayo en campo. El cultivo evaluado fue un tomate tipo “ramillete” *cv* Durinta (Western Seed).

Los sustratos utilizados en semillero fueron turba rubia, sustrato enriquecido, perlita, vermiculita y compost proveniente de residuos sólidos urbanos y restos vegetales. Las variables estudiadas fueron: pH, color, °Brix y firmeza de la pulpa de los frutos.

Los resultados obtenidos en los distintos parámetros de calidad se encontraron dentro de los rangos estándares de la variedad. Por lo que el empleo en semillero de cualquiera de las mezclas evaluadas no afectó a los atributos de calidad de los frutos. Los resultados demostraron la viabilidad de la sustitución de las turbas por compost bajo las condiciones ensayadas.

❖ Plaza (2003) evaluó los efectos de la composición del sustrato empleado en semillero sobre la producción de tomate *cv*. Durinta. Este ensayo tuvo lugar al mismo tiempo, en el mismo cultivo y con los mismos sustratos que el ensayo realizado por Avilés (2004).

El empleo en semillero de cualquiera de las mezclas evaluadas no afectó a la productividad ni rendimiento del cultivo. Estos resultados demostraron la viabilidad de la sustitución de las turbas por compost bajo las condiciones ensayadas.

❖ González *et al.* (2002), estudiaron el efecto de distintas mezclas de turba, sustrato enriquecido, RSU, perlita, vermiculita y terracotem sobre la producción de plántula de melón en semillero, tras este ensayo observó que el sistema radical de las plántulas de melón (tanto en términos absolutos como en relativos), se vió limitado de forma significativa con el incremento del porcentaje de compost en la mezcla de sustrato, resultado de la mayor salinidad asociada al compost.

❖ Roe y Kostewicz (1992) compararon los porcentajes y velocidades de germinación de semillas de diversas especies hortícolas (pimiento, tomate, rábano, sandía, etc.) obtenidos en turba con los correspondientes a diferentes sustratos tales como compost de residuos sólidos urbanos (RSU), compost de restos de poda (RP), compost mezcla de RP y siega e césped. Los resultados variaron según el tipo de

compost, pero, en general, se obtuvieron porcentajes y velocidades de germinación con BS/RP y RSU menores que con turba, siendo para el resto similares a los conseguidos con esta. Los autores indican que los compost utilizados estaban bien estabilizados, achacando los casos de peores resultados a la presencia de altos niveles de sales solubles.

❖ Celdón *et al.* (2006) evaluaron dos compost obtenidos por compostaje aerobio (RSUCL) y biometanización (RSUCN), a partir de la fracción orgánica de residuos municipales con recogida selectiva en origen (FORSU), para su uso como sustratos de cultivo. Tras la valoración de parámetros fisicoquímicos, basados en la normativa europea, concluyeron que ambos compost podrían ser utilizados como componentes de sustratos para plantas.

❖ Sánchez-Monedero (2004) evaluó el uso de compost con una alta concentración de sal, en condiciones comerciales, como sustrato de transplante para la producción vegetal. La mezcla con turba en una tasa de hasta el 67 %, no causó ningún efecto perjudicial sobre el crecimiento y estado nutricional a pesar de la alta salinidad inicial de los sustratos, por lo tanto concluyó que estos compuestos parecen ser aceptables sustitutos de la turba *Sphagnum* en la siembra de semillas.

❖ Mazuela y Urrestarazu (2004) realizaron un ensayo durante varias campañas de cultivo de melón tipo Galia usando para ello compost como sustrato en cultivo sin suelo. Se concluyó que es inocuo desde el punto de vista fitopatógico y sustancias fitotóxicas, siendo posible su uso en cultivo sin suelo sin consecuencias negativas en la producción.

## **2.5. RESIDUOS.**

### **2.5.1. Definición.**

El concepto de “Residuo” establecido en la ley 10/1998, de 21 de abril, de residuos (BOE nº 96 de 22-4-98) se define como cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse. Tienen esa consideración aquellos que figuran en el Catálogo Europeo de Residuos (CER).

En la ley 10/1998 de residuos se especifica como “Residuos urbanos” o municipales los generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como todos los que no tengan la calificación de peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades. Tienen dicha consideración los residuos procedentes de: la limpieza de las vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas; los animales domésticos muertos, así como muebles, enseres y vehículos abandonados, residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria.

Más específicamente el Real decreto 1481/2001 de 27 de diciembre (BOE nº 25 de 29/1/2002) define como “Residuos biodegradables” todos los residuos que, en condiciones de vertido, pueden descomponerse de forma aerobia o anaerobia, tales como residuos de alimentos y de jardín, el papel o el cartón. Con esta definición de residuos biodegradables se encuentran una gran variedad de residuos clasificados por categorías en el Catálogo Europeo de Residuos.

## **2.5.2. Tipos de residuos.**

### **2.5.2.1. Residuos urbanos.**

La calidad de los compost de residuos urbanos, depende fundamentalmente, de las materias primas utilizadas en su elaboración y del proceso de compostaje. Los compost de mayor calidad se relacionan con materias primas más idóneas (menor contenido de impropios y metales, en basuras y menor contenido de metales, en lodos) y con un proceso de elaboración más controlado (óptima maduración). (Pérez y Moreno, 2008)

Debido al carácter cada vez más restrictivo de las normativas para compost respecto a metales pesados, se considera indispensable para la producción de compost de calidad, potenciar la recogida selectiva de la fracción orgánica de los residuos urbanos y aplicar un tratamiento biológico adecuado y controlado. (Pérez y Moreno, 2008)

#### **2.5.2.1.1. Residuos sólidos urbanos.**

Según Pérez y Moreno (2008) la composición de los residuos urbanos depende principalmente de factores, tales como, nivel de vida de la población, actividad de la población y climatología general de la zona. Dentro del término residuos sólidos urbanos, pueden englobarse materiales de diversa naturaleza:

- Fracción orgánica. Restos de comida, de jardinería y otros materiales fermentables, constituyen el principal componente de los residuos, que tiende a disminuir relativamente en las sociedades más desarrolladas.
- Vidrio. Botellas, envases de alimentos, etc. La recogida selectiva de esta fracción está cada vez más extendida.
- Papel y cartón. Periódicos, papel en general, cajas y envases de cartón, etc.
- Plásticos. Envases, embalajes y elementos de otra naturaleza.
- Textiles. Ropa, vestidos y elementos decorativos del hogar.
- Metales. Latas, utensilios, restos de herramientas, etc.
- Madera. En forma de muebles mayoritariamente.
- Escombros. Procedentes de pequeñas obras o reparaciones domésticas.

La composición de los residuos urbanos en Europa y por tanto en España ha ido cambiando en cumplimiento de la directiva 75/422 y su modificación 91/156, que define el marco de regulación de los residuos urbanos. La transposición de esta directiva

al marco legislativo español se traduce en la aprobación de la Ley 10/1998 sobre residuos, que establece una separación de los sistemas de recolección de los residuos en municipios de más de 5.000 habitantes, a partir del año 2001, y la ley 11/97 de envases y residuos de envases.

En la siguiente tabla se muestra la composición de los residuos urbanos de tres países de Europa, diferenciados por su nivel económico y social. En ella, se puede observar, que a medida que aumenta el nivel económico del país, disminuye el porcentaje de la fracción orgánica de los residuos, aumentando los contenidos en papel, plásticos, vidrio y metales.

*Tabla 13. Composición de los residuos urbanos de algunos países.*

Componente	Países con nivel económico creciente		
	Turquía	España	Reino Unido
% Materia orgánica	64,0	48,9	21,0
% Papel, cartón	6,0	18,5	32,0
% Plásticos	3,0	11,7	11,0
% Vidrio	2,0	7,6	9,0
% Metales	1,0	4,1	8,0
% Textiles	1,0	3,7	2,0
% Otros	23,0	5,5	17,0

*Fuente: Pérez y Moreno, 2008.*

### 2.5.2.1.1.1. Composición y características.

El conocimiento de la composición de los residuos tiene gran importancia a la hora de tomar decisiones para la elección del sistema de tratamiento.

Según Pérez y Moreno (2008), las características principales de los R. S. U. para tomar decisiones sobre los sistemas de tratamiento y recuperación son:

- **Humedad:** el grado de humedad de los residuos, depende, además de los propios residuos, del clima y las estaciones anuales. La cantidad de agua que contienen, oscila alrededor del 40% en peso, pudiendo variar entre el 25% y 60%. La máxima aportación la proporciona la fracción orgánica y la mínima los productos sintéticos.
- **Poder calorífico:** cantidad de calor que puede liberar el material al ser sometido a combustión. Este parámetro aumenta con el contenido de materia combustible (plástico, papel, cartón etc.) y disminuye con el grado de humedad del residuo. En términos generales el poder calorífico de los residuos en España tiene valores en el rango entre 1500 y 2200 kcal·kg<sup>-1</sup>.
- **Peso específico:** relación masa/volumen de los residuos, es un dato fundamental para poder dimensionar recipientes de precogida y equipos de recogida y transporte. El valor de éste parámetro varía en función del grado de compactación de los residuos.
- **Granulometría:** el grado de segregación de los materiales y el tamaño físico de los componentes de los residuos, constituye un valor imprescindible para el dimensionado de los procesos mecánicos de

separación y en concreto para definir cribas, trómeles, etc., que basan su separación en el tamaño.

- **Composición química:** es muy variable debido a la gran variabilidad que experimenta la composición de los residuos sólidos urbanos. Conocer la presencia de residuos tóxicos y peligrosos, el contenido en metales pesados y otras características tales como inflamabilidad, corrosividad, reactividad, etc., son necesarios para el adecuado manejo, tratamiento, reprocesado y reutilización.
- **Biodegradabilidad:** capacidad de degradación de la fracción orgánica de un residuo por la acción de microorganismos en determinadas condiciones. Conocer esta capacidad es importante para establecer el destino y/o tratamiento a aplicar y las condiciones en que deberán realizarse.

### 2.5.2.1.1.2. Destino.

Los sistemas de tratamientos de R. S. U. comprenden el conjunto de operaciones encaminadas a su eliminación o aprovechamiento de los recursos contenidos en ellos (Otero, 1992).

Básicamente podemos distinguir tres sistemas de tratamiento: *vertido controlado*, *incineración* y *reciclado*. Generalmente es difícil emplear un único sistema de tratamiento siendo usual la implantación de dos o incluso de los tres sistemas al mismo tiempo.

- **Vertido controlado:** es una de las vías de eliminación de estos residuos y subproductos orgánicos, defendida por sectores economistas (Boixadera y Teira, 2001). El vertido controlado consiste en la colocación de los residuos sobre el terreno, extendiéndolos en capas de poco espesor y densidad alcanzada, la fermentación aerobia y trituración previa al vertido, el recubrimiento o no de los residuos con tierra u otros materiales, el diseño del vaso de vertido, etc. ofrecen un abanico de alternativas que pueden adaptarse a la mayoría de las situaciones (Aguilar y González, 1998). Este proceso de vertido lógicamente origina unos problemas como son el coste de sellado, lixiviados no desecados que producen una contaminación de acuíferos, bolsas de metano, etc.
- **Reciclado:** el reciclado es un proceso que tiene por objeto la recuperación directa o indirecta mediante alguna transformación de los componentes que contienen R: S. U. (Otero, 1992). Como vía alternativa al vertedero cabe destacar el tratamiento de estos residuos urbanos en plantas de reciclado en las que se separan distintos componentes de las basuras como son los plásticos, los envases de vidrio, los componentes metálicos, la materia orgánica, el cartón y el papel. Como resultados obtenemos productos transformados y materias primas que vuelven a incorporarse al ciclo productivo, disminuyendo la necesidad de recursos no renovables (Tchobanoglous *et al.*, 1994).

- Incineración: es un proceso de combustión controlada que transforma la fracción combustible de los R. S. U. en materiales inertes y gases, produciendo una reducción en peso del 70%, y en volumen del 80-90% (Otero, 1992). Es un sistema con una inversión y costes de explotación más elevados que los de un vertedero controlado o una planta de reciclaje-compostaje (Savage y Golueke, 1986; Otero, 1992), necesitando además un vertedero de apoyo para el depósito de rechazos.

### **2.5.2.1.1.3.Gestión de R.S.U.**

La optimización de la gestión desde el punto de vista económico y medioambiental, conlleva el estudio de la composición de los R. S. U. (Savage, 1996), normalmente expresada como porcentaje en peso de cada componente.

En España, actualmente está vigente el Plan Nacional de Residuos 2000-2006 y una serie de planes de residuos específicos (vehículos y neumáticos fuera de uso, construcción y demolición, lodos de depuradora, suelos contaminados etc.) en los que siguiendo las pautas de la UE, se fijan objetivos específicos de reducción, reutilización, reciclado y otras formas de valorización y reutilización. Estos planes se caracterizan por velar por el crecimiento económico sin comprometer la salud ambiental. (Pérez y Moreno. 2008)

### **2.5.2.1.1.4.Normativa**

La normativa sobre los requisitos que debe cumplir el compost de R. S. U: para su aplicación agrícola está regulada por la Orden de 14 de junio de 1991 sobre productos fertilizantes y afines (BOE, 1991), donde se exigen unos contenidos mínimos de materia orgánica total y nitrógeno orgánico del 25% y el 1% respectivamente, una humedad relativa máxima del 40% y que el 90% de las partículas pasen por una malla de 25 mm.

La Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos, establece en su artículo 5 que la Administración Central del Estado elaborará diferentes planes nacionales de residuos, mediante la integración de los respectivos planes autonómicos, en los que se fijarán los objetivos específicos de reducción, reutilización, reciclado y otras formas de valorización y eliminación.

La directiva del Consejo 1999/31/CE, 26 de abril, relativa al vertido de residuos limita la cantidad de RSU degradable que puede ser vertido en 2006 al 75% de la cantidad producida en 1995, para el 2009 al 50% y para el 2016 al 35%. Esto hace necesario el desarrollo de estrategias basadas en el reciclado de la fracción orgánica, mediante tratamientos aeróbicos (compostaje) o anaerobios (digestión para la producción de biogas) o mediante el pre-tratamiento del residuo, antes de su vertido controlado mediante la incineración, tratamientos mecánicos o biológicos.

### **2.5.2.1.2. Lodos de depuradora.**

Los lodos de depuradora son residuos urbanos que se originan en la depuración de las aguas residuales urbanas, constituyen un material semisólido, heterogéneo, cuya composición es muy variable y está determinada por las características del agua residual a tratar, por los procesos de depuración empleados y por el tratamiento a que es sometido. (Pérez y Moreno, 2008)

En función del grado de estabilización se distinguen dos tipos de lodos: frescos y digeridos. Los lodos frescos son aquellos que no han recibido ningún tratamiento de fermentación y se caracterizan por un olor muy desagradable y por su alto contenido en gérmenes patógenos. Los lodos digeridos se originan al someter los lodos frescos a un proceso de digestión aerobia o anaerobia, tienen un olor menos desagradable y menor contenido en gérmenes patógenos. Los lodos residuales, tanto frescos como digeridos, suelen someterse a procesos de deshidratación mediante eras de secado o diversos sistemas mecánicos (filtro de bandas, centrifugación, secado térmico, etc.), obteniendo un producto más o menos pastoso que puede utilizarse directamente en agricultura o tras un proceso de secado y compostaje. (Pérez y Moreno, 2008)

La tabla 14 muestra los valores medios de parámetros físicos y químicos de lodos de diferentes depuradoras (82) del sureste español. Además incluye los valores de desviación estándar y el rango de variación correspondientes a un total de 337 muestras analizadas durante el periodo 2001-2006.

**Tabla 14. Composición media de los lodos de depuradora del sureste español.**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor medio</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Rango de variación</b>
<b>pH extracto 1:10</b>	-	6,54	0,45	3,92-7,73
<b>CE extracto 1:10</b>	dS·m <sup>-1</sup>	2,37	1,75	0,50-12,1
<b>Materia orgánica total</b>	%	53,0	10,59	14,0-74,8
<b>Nitrógeno (N)</b>	%	4,74	1,42	1,16-8,40
<b>Carbono orgánico total</b>	%	33,0	6,12	12,0-46,27
<b>Relación C/N</b>	-	5,80	2,33	1,9-20,4
<b>Fósforo (P)</b>	%	0,94	0,32	0,24-2,35
<b>Fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</b>	%	2,10	0,74	0,19-5,38
<b>Potasio (K)</b>	%	0,33	0,18	0,08-1,27
<b>Potasio (K<sub>2</sub>O)</b>	%	0,39	0,21	0,09-1,52
<b>Calcio (Ca)</b>	%	7,60	3,71	1,01-25,4
<b>Calcio (CaO)</b>	%	10,6	5,18	1,41-35,5
<b>Magnesio (Mg)</b>	%	0,79	0,65	0,01-5,17
<b>Magnesio (MgO)</b>	%	1,3	1,08	0,02-4,66
<b>Sodio (Na)</b>	%	0,26	0,39	14-150,549
<b>Hierro (Fe)</b>	mg·kg <sup>-1</sup>	12,914	24,068	26-4.912
<b>Cobre (Cu)</b>	mg·kg <sup>-1</sup>	427	467	29-836
<b>Manganeso (Mn)</b>	mg·kg <sup>-1</sup>	129	90,7	152-24.634
<b>Cinc (Zn)</b>	mg·kg <sup>-1</sup>	941	1429	1,0-189
<b>Cadmio (Cd)</b>	mg·kg <sup>-1</sup>	8,12	16,1	2,0-1.500
<b>Níquel (Ni)</b>	mg·kg <sup>-1</sup>	50,5	121	4,0-1.119
<b>Plomo (Pb)</b>	mg·kg <sup>-1</sup>	137	109	2,0-32.662
<b>Cromo (Cr)</b>	mg·kg <sup>-1</sup>	544	3139	0,1-7,0

<b>Mercurio (Hg)</b>	mg·kg <sup>-1</sup>	0,92	0,95
----------------------	---------------------	------	------

*Fuente: Pérez y Moreno, 2008.*

### **2.5.2.1.2.1. Composición y características.**

La característica física más importantes del agua residual es el contenido total de sólidos (materia en suspensión, sedimentable, coloidal y disuelta), otras importantes son el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbidez. (Hierro, 2003)

Poseen niveles relativamente altos, presentando la mayoría de los lodos contenidos superiores al 50% sobre materia seca. Este hecho, permite valorizar los lodos de depuradora como abono orgánico, aunque debe tenerse en cuenta la diferencia de estabilidad de ésta materia orgánica, según el origen de los lodos. (Pérez y Moreno, 2008)

El 75% de los sólidos en suspensión y del 40% de los sólidos filtrables de un agua de concentración media son de naturaleza orgánica. Los compuestos orgánicos están formados por proteínas (40/60%), hidratos decarbono (25/50%), grasas y aceites (10%). (Hierro, 2003)

En cuanto a la salinidad el contenido es muy variable de uno lodos a otros, pudiendo encontrar niveles de conductividad eléctrica entre 1-9 dS m<sup>-1</sup>, dependiendo de la cantidad de sales del agua residual y del tratamiento a que se ha sometido el lodo. El riesgo potencial de salinización de suelos derivado de la aplicación agrícola de lodos residuales adquiere mayor importancia cuando éstos residuos han sido tratados con productos flocculantes como tricloruro de hierro, cloruro de calcio, etc., ya que en tales casos pueden presentarse problemas de toxicidad en cultivos sensibles a cloruro (Pérez y Moreno, 2008).

Los contenidos en nitrógeno y fósforo, les confiere un importante valor fertilizante. Además constituyen una fuente importante de otros elementos esenciales para las plantas como calcio, magnesio y micronutrientes (hierro, cobre, manganeso, zinc y boro)

El contenido en metales pesados de lodos constituye la principal limitación de sus aplicaciones agrícolas por los riesgos de toxicidad para plantas, animales y personas (Pérez y Moreno, 2008).

### **2.5.2.1.2.2. Gestión de lodos.**

La evacuación final de los residuos sólidos, semisólidos (fangos) y contaminantes concentrados separados del agua residual mediante los diversos procesos de tratamiento, es un problema complejo y costoso. Actualmente la gestión de estos residuos ha derivado a la reutilización, valorización, incineración y depósito en vertederos autorizados.

El incremento de la producción de fangos como resultado de mayor número de plantas dotadas de tratamientos secundarios y terciarios, está saturando las actuales vías de evacuación y tratamiento de fangos. Todo esto está derivando en la búsqueda de métodos más eficientes para el tratamiento, evacuación y reutilización de fangos tales como el proceso térmico y el compostaje.

### **2.5.2.2. Residuos sólidos agrícolas.**

Desde un punto de vista amplio se pueden considerar residuos agrícolas todos aquellos materiales procedentes de la actividad agrícola. Por tanto, pueden comprender actuaciones eminentemente avícolas con un amplio rango de intensidades (cultivo de cereales, pastos, frutales, vid, hortalizas, etc.), ganaderas (pastoreo, etc.) y en ocasiones, actividades de transformación de productos agrícolas (extracción de aceite de oliva, industria conservera, etc.). (López y Boluda, 2008)

Su composición suele ser variada dependiendo del tipo de cultivo del que procedan. Desde el punto de vista del compostaje hay que remarcar que presentan un contenido hídrico muy variable (según el desarrollo ontogénico del cultivo en la época de recolección), elevada contenido de materia orgánica, fracción mineral variable en concentración total y equilibrio y generalmente poseen un porcentaje de C elevado mientras que el de N suele ser bajo. (López y Boluda, 2008)

Los residuos agrícolas que se generan en la provincia de Almería proceden en su mayoría de la agricultura hortícola intensiva bajo plástico. Esta actividad constituye una de las fuentes de ingresos más importante y consolidada de esta zona, la cual se concentra en unas 23.000 Ha localizadas mayoritariamente en el litoral. Tradicionalmente, estos residuos eran quemados, utilizados como alimento para el ganado o abandonados en las inmediaciones de los invernaderos, provocando importantes daños ambientales y sanitarios. Actualmente estas prácticas están prohibidas o desaconsejadas y la gestión de estos residuos se realiza a través de diversos planes de Higiene rural en los que se encuentran implicados agricultores, cooperativas, ayuntamientos y empresas públicas y privadas. En estos planes implican la recogida y transporte de los residuos desde los invernaderos hasta centros de almacenamiento y su posterior tratamiento. (López y Boluda, 2008)

#### **2.5.2.2.1. Características.**

La característica fundamental de los residuos procedentes de la actividad agrícola y ganadera es el elevado contenido en materia orgánica, tanto de origen vegetal como animal, consecuencia del desarrollo de una agricultura y ganadería intensivas donde no es posible el reemplazo de estos materiales en la propia instalación. A estos se suman otro tipo de materiales procedentes de la actividad como son los restos de fertilizantes, fitosanitarios (Insecticidas, herbicidas, fungicidas, etc.) y otros como consecuencia de los procesos industriales asociados. (López y Boluda, 2008)

Desde el punto de vista del compostaje cabe destacar que los residuos agrícolas presentan un estado hídrico muy variable (según el desarrollo ontogénico del cultivo en la época de recolección), elevado contenido de materia orgánica, fracción mineral

variable en concentración total y equilibrio y generalmente poseen un porcentaje de carbono elevado mientras que el de nitrógeno suele ser bajo, así tienen una relación C/N alta, aunque con notables diferencias según la naturaleza y composición del residuo. Son residuos fácilmente biodegradables. El contenido de hemicelulosa oscila entre 5 y 15%, la celulosa varía entre el 10 y 40 %. otros nutrientes como K, P, Mg, Ca se encuentran en menor cantidad y en contenido variable dependiendo del tipo de residuo, pero son igualmente importantes ya que son indispensables tanto para los microorganismos que intervienen en el proceso de compostaje como para las comunidades microbianas que habitan en los suelos. (López y Boluda, 2008)

### **2.5.2.3. Residuos vitivinícolas.**

La industria de producción del vino genera aguas residuales y residuos sólidos. El orujo es el residuo sólido más importante y representa el 20-30% del peso total de uva procesada. Este residuo incluye la piel, semillas y pulpa de las uvas, teniendo un contenido medio de humedad del 60%.(Bernal y Gondar, 2008)

La generación de residuos sólidos y líquidos por parte de la industria vinícola y alcoholera es muy importante a nivel cuantitativo, considerando el papel preponderante de España en la producción de vino a nivel europeo y mundial. (Bernal y Gondar, 2008)

En España se generan unos  $46 \cdot 10^6$  hl/año de vino, lo que genera unos 920000T/año de orujo. A esta gran generación de residuos se unen los problemas de almacenamiento de los mismos debido a que tienen un marcado carácter estacional que está ligado a la actividad de las bodegas. (Bernal y Gondar, 2008)

Desde el punto de vista agronómico, algunos de los métodos de aprovechamiento de los subproductos y residuos vitivinícolas son (Bustamante, 2007): valorización agronómica mediante la incorporación al suelo del orujo y el raspón como práctica tradicional de fertilización del suelo. Recientemente se ha planteado el compostaje como una alternativa para el reciclado de éstos residuos, principalmente para el orujo desalcoholizado.

## **2.6. EL CULTIVO DE LA SANDÍA.**

### **2.6.1. Historia y usos de la sandía.**

Los primeros datos que se tienen de la sandía son de hace aproximadamente 5000 años en Egipto, donde la sandía se cultivaba no sólo por su sabor, sino también por su belleza como está representado en grabados sobre muros de la época. Los exploradores no sentían excesiva preocupación por el agua en las travesías del desierto si tenían a mano sandía. Cuando los niños de Israel vagaban por el desierto al dejar Egipto, era la sandía la que tenían en mente. Todos estos sentimientos fueron traducidos en la Biblia como melones, según cuenta el escritor inglés Alan Davidson en su libro "Fruit" (Simon & Schuster) citado por Camacho y Fernández Rodríguez (2000).

Desde Egipto, las sandías se difundieron a través de los mercaderes que vendieron semillas en las rutas del Mediterráneo. Ellos las introdujeron en Italia y Grecia.

Principalmente la sandía se recuerda por su sabor azucarado, que se intensifica en climas cálidos, como el de China, donde fue introducida en el siglo X. Según cuenta Raymond Sokolov en su libro “Why we eat what we eat”, (Tonchstone) (citado por Camacho y Fernández Rodríguez, 2000).

En el siglo XIII el consumo de sandía se extendió al resto de Europa. Según nos cuenta John Mariani en su libro, “The dictionary of American Food & Drink”, (Ticknor & Fields), en 1615 aparece por primera vez la palabra watermelon, añadiendo que la sandía no sólo fue cultivada en Oriente Medio, también lo fue en Rusia desde hace miles de años (citado por Camacho y Fernández Rodríguez, 2000).

Pero África, según nos cuenta el historiador John Egerton en su libro, “Southern Tood”, (University of North Carolina Press), es indudablemente desde donde se introdujo la sandía a U. S. A. Con los esclavos africanos cruzaron las primeras sandías al Océano Atlántico. El historiador Karen Hess, en su “1984 Historical Notes and Commentaries” sobre Mery Randolphis “The Virginia House-wife” de 1824 comenta que la sandía estaba entre los cultivos que llegaron con los esclavos africanos a Estados Unidos, como el sorgo y la okra (citado por Camacho y Fernández Rodríguez, 2000).

Algunos historiadores creen que la sandía es originaria de América haciendo de ella un cultivo posterior al descubrimiento. Los primeros exploradores franceses dijeron haber encontrado cultivos de sandía en el Valle del Mississippi (Camacho y Fernández Rodríguez, 2000).

Las explotaciones de sandías se han visto en todo el mundo desde sus orígenes hace miles de años hasta este momento, las innovaciones de los chefs las convierten en excitantes postres y condimentos de salsas (Camacho y Fernández Rodríguez, 2000).

Las referencias literarias más famosas de las sandías proceden del legendario Sur de EE.UU. donde Mark Twain llegó a glorificar la sandía. Fue en el Valle del Mississippi donde Twain comió su primera tajada de sandía y la canonizó en su libro de 1894 “Puud`nhead Wilson”. “La verdadera sandía del Sur es un boom por si sola (citado por Camacho y Fernández Rodríguez, 2000).

## **2.6.2. Descripción botánica de la planta.**

Pertenece a la familia *Cucurbitaceae* y su nombre científico es *Citrullus vulgaris* Shard. Otros sinónimos son *Citrullus lanatus* Thumb y *Colocynthis citrullus* L.

## **2.6.3. Morfología de los órganos vegetativos y productivos.**

Es una planta herbácea, anual, de desarrollo rastrero o trepadora. El inicio del desarrollo aéreo de la planta se produce con un solo brote (brote principal), no emergiendo otros brotes hasta que existen 5-8 hojas bien desarrolladas. Cuando la planta ha completado ese desarrollo se inician las brotaciones de segundo orden en las axilas de las hojas (nudos del tallo) del brote principal. De estos brotes de segundo

orden (secundarios), emergen brotes terciarios y así sucesivamente hasta que se conforma la planta cuyo desarrollo vegetativo llega a cubrir 4-5 m<sup>2</sup>.

Posee una raíz principal que puede tener buen desarrollo y que adquiere gran profundidad, aunque el resto de las raíces se distribuyen superficialmente de modo amplio (Maroto, 1996).

Actualmente este órgano de la planta carece de importancia, ya que el 95% se cultiva injertada sobre patrón de *Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*. Estos patrones son totalmente afines con la sandía, confieren a la parte aérea gran vigor, teniendo un desarrollo radicular muy potente con raíces de gran tamaño bien suberificadas (Camacho, 1998). Los tallos son herbáceos, de color verde, recubiertos de pilosidad, se extienden por el suelo de modo rastrero llegando a tener longitudes de 4-6 m. Poseen zarcillos que pueden ser bífidos o trífidos. Las hojas son pinnado-partidas y están divididas en 3-5 lóbulos de apariencia redondeada, que a su vez aparecen divididos en varios segmentos redondeados, presentando entalladuras profundas sin llegar a la nerviación principal. El haz de la hoja tiene apariencia lisa mientras que el envés presenta aspecto áspero y está recubierto de pilosidades (Reche, 1994).

Es una planta monoica, apareciendo las flores solitarias tanto masculinas como femeninas en las axilas de las hojas. La diferenciación de la flor por sexo es sencilla, ya que la flor femenina posee un ovario ínfero que se ve a simple vista (fruto incipiente). El cáliz es de color verde, con sépalos libres y la corola formada por 5 pétalos de color amarillo (Camacho y Fernández Rodríguez, 2000).

La flor femenina aparece tanto en el brote principal como en los brotes secundarios y terciarios, la primera flor femenina aparece en la axila de la hoja 7-10 del brote principal. La polinización es entomófila. Como sucede en otras cucurbitáceas, existe correlación entre el número de tubos polínicos germinados y el tamaño del fruto (Maroto, 1996).

El fruto de la sandía es una baya globosa u oblonga en pepónide con pesos que de 2-20 kg. El color de la corteza es variable, puede ser uniforme, verde oscuro, verde claro o amarillo o bien a franjas de colores amarillentos, grisáceo, verde claro sobre fondos de diversas tonalidades verdes. La pulpa de color rojo, rodado o amarillo lleva en su interior las semillas de tamaño variable (dependiendo del cv.) y de color variable, negras, marrón o blancas.

#### **2.6.4. Exigencias climáticas de la sandía.**

Es menos exigente en temperaturas que el melón. Para germinar necesita como mínimo 15 °C., la temperatura óptima es 25 °C., el óptimo en floración es 18-20 °C. y para el desarrollo de 23-28 °C. (Miguel et al., 1983).

Los cvs. triploides (sin semillas) presentan más problemas de germinabilidad y más exigencias térmicas que los cvs. normales.

Las temperaturas críticas de la planta de sandía son: se hiela la planta a 0 °C.; detiene su desarrollo de 11-13 °C.; germinación óptima de 18-20 °C. y desarrollo óptimo de 23-28 °C. (Serrano, 1985). Es aconsejable que la temperatura ambiental en el interior

del invernadero no baje de 20 °C. durante la noche, ni sobrepasar los 30 °C. durante el día. Temperaturas de 10-12 °C. influyen en el crecimiento de la planta y la floración se retrasa, alargándose el ciclo vegetativo.

En cuanto a la floración, la temperatura óptima oscila alrededor de 20 °C., igualmente esta temperatura facilita la germinación del polen y la fecundación de la flor femenina. Durante el desarrollo y maduración de los frutos, la sandía prefiere temperaturas superiores a los 20 °C. (Fernández, 1998).

Las fechas en las que se realiza la plantación, para cultivo de primavera en Almería, oscila desde mediados de noviembre hasta finales de marzo. Par que la planta esté, a lo largo de todo su desarrollo, en las mejores condiciones climáticas, cada día más se trabaja con medios de semiforzado (plástico, no tejidos) dentro del invernadero, a la vez que se realiza el manejo de éste en las óptimas demandadas por la planta.

En plantaciones de hasta finales de enero se están utilizando túneles de semiforzado, hechos con plástico EVA de 150-200 galgas. A partir de esa fecha es más común el uso de agrotexiles (manta térmica) que hace que las máximas no sean tan altas aunque las mínimas son un poco más bajas que cuando se cubren con plástico.

Es tan importante hablar de salto térmico como de máximas y mínimas. Cuando las diferencias de temperaturas entre el día y la noche son de 20-30 °C., se producen desequilibrios en las plantas, abriéndose en algunos casos los cuellos de las mismas y algunos tallos; el polen que realizan las flores en esas condiciones normalmente no es viable.

Todos los datos de temperaturas que expresan los diferentes autores son para sandía sin injertar. Cuando se cultiva planta injertada como sucede actualmente, la resistencia al frío y al calor es algo mayor. El pie de *C. maxima* x *C. moschata* confiere a la planta mayor rusticidad (Camacho, 1998).

Otro factor climático importante es la humedad, tanto por la incidencia que tiene en el desarrollo de plagas y enfermedades como en el crecimiento de la planta, siendo crítico en algunos estados fenológicos como es la floración. Lo ideal es que el contenido esté entre 60-80%.

En algunas ocasiones esto origina gradientes de producción dentro de los invernaderos, al ser el aborto de frutos mayor cuanto menores la proximidad de las plantas a la banda más expuesta a los vientos secos (Fernández Rodríguez *et al.*, 1997).

La sandía es una planta medianamente tolerante a la salinidad del suelo y del agua de riego. Prefiere suelos cuyo pH de 6-7,5, es decir ligeramente ácidos o neutros (Reche, 1994). Prefiere terrenos de textura media o limo-arenosa. Se adapta mejor que el melón a la acidez del suelo. No plantea problemas en suelos moderadamente alcalinos (Maroto, 1996). Los suelos silíceos-arcillosos, ricos en materia orgánica y pH entre 6-7,4 son los que mejor van para la sandía (Serrano, 1985).

### **2.6.5. Necesidades medias de agua y extracciones del cultivo.**

Hay una gran variabilidad de opiniones sobre las extracciones de nutrientes por el cultivo, debido sobre todo a equilibrios de absorción por fases, realizando observación directa del cultivo, agua de que se dispone, suelo sobre el que está implantado y conociendo la función de cada elemento nutritivo en el vegetal. Reche (1994) señala como extracciones del cultivo de la sandía para una producción de 40-60 t·ha<sup>-1</sup> las siguientes; (en kg·ha<sup>-1</sup>).

**Tabla 15. Extracciones del cultivo de sandía en kg·ha<sup>-1</sup>.**

<b>Elementos nutritivos</b>			
<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>MgO</b>
150-250	150	250-450	25-30

*Fuente: Reche (1994)*

La demanda hídrica del cultivo es un parámetro que dependerá tanto del tipo de la textura del suelo, como de la calidad de agua para riego y como no del estado fisiológico en el que se encuentra el cultivo.

El consumo de agua varía considerablemente desde los meses de invierno (diciembre, enero, febrero) hasta los 6 l·m<sup>-2</sup> y día en el mes de junio. Cuando comienza la maduración, reducir el volumen de riego y aumentar la C. E. De la solución nutritiva par evitar el rajado de los frutos (Palomar y Gómez, 1994).

## **2.7. EL INJERTO EN HORTALIZAS.**

### **2.7.1. Definición y finalidad del injerto.**

El injerto es la unión de dos porciones de tejido vegetal viviente de modo que se unan, crezcan y se desarrollen como una sola planta. El fin primordial del injerto en los cultivos hortícolas es obtener resistencias a enfermedades del suelo y por tanto posibilitar el cultivo de ciertas especies en aquellos suelos que harían ese cultivo imposible (Hartmann y Kester, 1991).

Las finalidades del injerto pueden ser muy diversas (Hartmann y Kester, 1991):

- Perpetuar clones que no pueden mantenerse con facilidad con otros procedimientos de multiplicación.
- Cambiar los cultivares de plantas ya establecidas.
- Acelerar la madurez reproductora de selecciones de plántulas obtenidas en programas de hibridación.
- Obtener formas especiales de crecimiento de las plantas.
- Obtener beneficios de ciertos patrones.

Según Miguel (1997), el injerto tiene como finalidad evitar el contacto de la planta sensible con el suelo infestado. La variedad a cultivar se injerta sobre una planta resistente a la enfermedad que se desea prevenir perteneciente a otra variedad, otra especie u otro género de la misma familia. En estas condiciones, el portainjertos resistente permanece sano y asegura, a partir del suelo, una alimentación normal de la planta, a la que aísla del parásito. En la mayoría de los casos, se deja el sistema radicular del portainjertos y la parte aérea de la variedad.

La inminente prohibición del desinfectante de suelo más eficaz y ampliamente utilizando, el bromuro de metilo, va a revalorizar la técnica del injerto que, además de eficaz, es no contaminante.

En ocasiones se utiliza el injerto, aún en suelo previsiblemente no infectado, con la sola finalidad de conseguir mayor producción, debido al vigor que confiere el patrón a la planta injertada. El injerto permite cultivar clones de plantas procedentes de multiplicación "in vitro" o de semilla.

### **2.7.2. El injerto en cucurbitáceas.**

Para que el injerto tenga éxito debe de haber una coincidencia de los tejidos próximos a la capa de cambium que produce callo.

El injerto está limitado en las angiospermas a las dicotiledóneas, y en las gimnospermas a las coníferas. Ambas tienen una capa de cambium vascular que se extiende entre el xilema y el floema. En las monocotiledóneas el injerto es más difícil, aunque hay casos de uniones en varias especies de gramíneas y en la vainilla, una orquídea tropical monocotiledónea (Hartmann y Kester, 1991).

Se puede decir que cuanto más afinidad botánica haya entre las especies, mayores son las probabilidades de éxito del injerto. Debe existir:

- Afinidad morfológica, anatómica, de constitución de sus tejidos, lo que quiere decir que los haces conductores de las dos plantas que se unen tengan diámetros semejantes y estén en igual número aproximadamente.
- Afinidad fisiológica, de funcionamiento y analogía de savia, en cuanto a cantidad y constitución (S. E. A., 1978).

Entre las especies hortícolas sólo se injertan las solanáceas (tomate, pimiento, berenjena) y cucurbitáceas (melón, sandía, pepino). Su buena aptitud para el injerto parece estar unida a la extensión del cambium (Louvert, 1974).

Entre las cucurbitáceas, la sandía se injerta habitualmente en Japón sobre *Lagenaria siceraria*. También se emplean como portainjertos de sandía especies, variedades o híbridos de Cucurbita (*C. moschatta* y *C. ficifolia*) (Miguel, 1993).

En Japón se cultiva habitualmente sobre *Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschatta*. El melón se ha injertado sobre *Cucurbita ficifolia* y también sobre *Cucurbita pepo*. En Italia se ha utilizado el injerto sobre *Cucurbita ficifolia*, y en Francia ha comenzado a injertarse sobre híbridos del tipo de los empleados en Japón (Miguel, 1993).

### **2.7.3. Unión del injerto.**

Existen numerosos estudios sobre la unión del injerto, especialmente en plantas leñosas (Hartmann y Kester, 1991). Ellos proponen la siguiente secuencia para dicho proceso:

1. Se ponen en contacto los tejidos del patrón y del injerto de manera que las regiones cambiales de ambos estén estrechamente unidas. Deben mantenerse unas condiciones de temperatura y humedad que estimulen el prendimiento en las células puestas en contacto y en las circundantes.
2. Las células del cambium del patrón y del injerto producen células de parénquima que se entremezclan formando un tejido de callo.
3. Algunas células del callo se diferencian en nuevas células de cambium.
4. Estas nuevas células de cambium producen nuevo tejido vascular.

En las plantas herbáceas los elementos traqueales del xilema o los tubos cribosos del floema o ambos se forman directamente por diferenciación del callo en estos elementos vasculares. Entre los dos elementos vasculares se forma una capa de cambium. Las células de parénquima que forman una capa el callo pueden diferenciarse con facilidad en elementos de tipo traqueadas (Hartmann *et al.*, 1991).

La unión del injerto se forma por completo mediante células que se desarrollan después que se ha efectuado el injerto. Nunca se efectúa una mezcla de contenidos celulares. Las células producidas por el patrón y el injerto conservan su propia identidad.

En el injerto de cucurbitáceas se forma un callo parenquimatoso en la superficie del injerto con contacto simplástico entre células, especialmente en los vasos conductores. El desarrollo del floema en la zona del injerto produce la conexión de los vasos (Tiedemann, 1989).

#### **2.7.4. Factores que influyen en la unión del injerto.**

Los factores que influyen en cómo se va a realizar esta unión son:

\* Temperatura: es un factor que tiene un efecto importante. Entre 4-32 °C la producción de callo aumenta linealmente con la temperatura. A temperaturas inferiores a 20 °C, la producción de éste es lenta y por debajo de 15 °C, casi no existe.

\* Humedad: las células del parénquima que forman el tejido del callo son de pared delgada y muy sensibles a la deshidratación, si se exponen al aire. Los contenidos de humedad del aire menores al punto de saturación, inhiben la formación de callo y aumenta la tasa de desecación de las células cuando disminuye la humedad. La presencia de una película de agua sobre la superficie de encallecimiento es más estimulante para la cicatrización que mantener al 100% la humedad relativa. Las células muy turgentes son más capaces de dar un callo abundante que aquellas que están en condiciones de marchitez. Las condiciones de humedad en los tejidos cortados que formarán la unión del injerto, han de mantenerse elevada para que se produzca una buena cicatrización.

\* Oxígeno: para que se produzca la división y crecimiento celular debe haber una alta tasa de respiración, y por tanto alta concentración de oxígeno en la zona de unión.

\* Actividad de crecimiento del patrón: si el patrón está en fase de reposo o de crecimiento lento, es más difícil la producción de cambium en el injerto. Cuando el patrón está hiperactivo o hipoactivo, debe dejarse algún órgano por encima del injerto que actúa de tirasavias.

\* Técnica de injerto: si se pone poca zona en contacto, aunque cicatrice bien, no habrá buen movimiento de agua y se producirá el colapso.

\* Contaminación por patógenos: a veces entran bacterias u hongos por heridas producidas al injertar, que causan la pérdida del mismo. Para evitar estos problemas se recomienda durante la ejecución del injerto, tomar medidas sanitarias correctas como agua y manos limpias (Suzuki, 1972).

\* Empleo de reguladores del crecimiento: hay relación entre la aplicación de determinados reguladores del crecimiento, como auxinas, con la formación del callo, aunque no se han encontrado resultados prácticos.

\* Condiciones ambientales en la fase posterior al injerto: se debe mantener una buena temperatura y una adecuada humedad tras realizar el injerto, sobre todo en si se realiza un injerto de púa.

### **2.7.5. Incompatibilidad.**

La capacidad de dos plantas diferentes de unirse y desarrollarse satisfactoriamente como una planta compuesta es lo que se llama **compatibilidad**.

La diferencia entre injerto compatible e incompatible no está bien definida. Desde especies que tienen una relación estrecha y unen con facilidad, hasta otras no relacionadas entre si incapaces de unirse, hay una graduación intermedia de plantas que forman una soldadura, pero con el tiempo muestran síntomas de desarreglo en la unión o en su hábito de crecimiento (Hartmann *et al.*, 1991).

La incompatibilidad suele manifestarse con alguno de estos síntomas:

- Alto porcentaje de fallos en el injerto.
- Amarilleo del follaje, a veces defoliación y falta de crecimiento.
- Muerte prematura de la planta.
- Diferencias marcadas en la tasa de crecimiento del patrón y la variedad.
- Desarrollo excesivo de la unión, arriba o debajo de ella. Es lo que se conoce como miriñaque.
- Ruptura por la unión del injerto.

La aparición de uno o varios de los síntomas antes descritos no significa necesariamente que la unión sea incompatible. Estos síntomas pueden ser consecuencia

de las condiciones ambientales desfavorables, presencia de enfermedades o malas técnicas de injerto (Hartmann *et al.*, 1991).

Hay dos tipos de incompatibilidad (Hartmann *et al.*, 1991):

3. **Incompatibilidad localizada:** depende del contacto entre patrón e injerto. Si se utiliza un patrón intermedio se elimina esta reacción. En este tipo de unión, con frecuencia la estructura de la unión es mecánicamente débil, presentando una interrupción en la continuidad de los tejidos vasculares. Los síntomas externos se desarrollan con lentitud, presentándose en proporción al grado de alteración en el injerto. Debido a las dificultades de traslocación a través del injerto, finalmente las raíces mueren por agotamiento. Es frecuente encontrar masas de tejido parenquimático en vez de tejidos normalmente diferenciados interrumpiendo la conexión vascular entre patrón e injerto.
4. **Incompatibilidad traslocada:** no es corregida por un patrón intermedio compatible. Este tipo produce degeneración del floema y se forma una línea de color pardo o una zona necrótica en el injerto. La unión presenta dificultades al movimiento de carbohidratos: acumulación arriba y reducción abajo (Hartmann *et al.*, 1991).

La incompatibilidad está relacionada de forma clara con diferencias genéticas entre el patrón y la variedad. En los injertos se combinan una amplia gama de sistemas fisiológicos, bioquímicos o anatómicos diferentes, con muchas interacciones favorables o desfavorables.

En algunos casos se ha demostrado que algunos compuestos que produce el patrón reaccionan con otras de la variedad para formar otros nuevos que inhiben la actividad del cambium. La reducción de la concentración de azúcares que llegan a la raíz por dificultades de traslocación a través del injerto puede liberar en ella compuestos tóxicos que producen su degeneración y muerte.

En otros casos, en la superficie en contacto de dos especies incompatibles se deposita una capa de suberina a lo largo de la pared celular, formándose una capa necrótica de espesor creciente que conduce a la desecación de la púa (Hartmann *et al.*, 1991).

Los factores implicados en la compatibilidad del injerto en solanáceas están presentes como constituyentes normales en los tejidos de la planta y están relacionados con la pared celular y se liberan por efecto del contacto entre patrón y variedad. Estos factores no pueden ser transferidos a través de un injerto intermedio (Jeffre *et al.*, 1986; Parkinson *et al.*, 1987).

En cucurbitáceas, el desarrollo del floema en la zona del injerto produce un diferente número de vasos conductores conectados en la unión *Cucumis/Cucurbita*, mucho menor que en la unión *Cucumis/Cucumis*. Parece haber un mecanismo celular de reconocimiento que produce la consiguiente compatibilidad-incompatibilidad en el que están implicadas sustancias tales como fitohormonas, liberadas por los tejidos lesionados (Tiedemann, 1989).

### 2.7.6. Interacción patrón- variedad.

Las modificaciones del comportamiento de la variedad por efecto del patrón pueden ser producidas por (Hartmann *et al.*, 1991):

- Reacciones de incompatibilidad.
- Resistencia a enfermedades.
- Tolerancia a ciertas características del clima o suelo.
- Interacciones específicas entre patrón y variedad que produzcan alteraciones de desarrollo de la planta, tamaño del fruto, calidad, etc.

La razón por la que se injertan generalmente las plantas hortícolas es para evitar enfermedades del suelo (Louvert, 1974), si bien pueden existir otras razones que justifiquen esta práctica al margen de las fitopatológicas.

El portainjertos más usualmente utilizado en tomate y berenjena, KNVF (*L. esculentum* x *L. hirsutum*) y *Solanum torvum* para berenjena, funcionan mejor con bajas temperaturas en el suelo que la propia raíz de tomate o berenjena.

Algo parecido ocurre con el melón. El injerto sobre RS-841 (*C. maxima* x *C. moschata*) permite plantaciones más tempranas puesto que el injerto soporta mejor que el melón las bajas temperaturas del suelo.

Existen diferencias importantes entre especies y variedades de *Cucurbita* en crecimiento de la raíz con temperaturas bajas. La sandía injertada sobre *Shintoza* o sobre las variedades *Rhenshi* o *Sakigake* de *Lageriaria siceraria* crecen mejor con bajas temperaturas del suelo (13° C) que la sandía sin injertar (Miguel, 1993).

El genotipo *bl* que produce ausencia de brotación lateral y una inflorescencia terminal con 1-2 flores, no se altera con el injerto sobre plantas normales (Miguel, 1993). Igualmente la saponina que se produce en la raíz de *Solarium acualeatissimum* no se transmite al tomate injertado sobre esta especie (Ikenega *et al.*, 1990).

En otros casos sí hay compuestos que se transmiten del patrón a la variedad injertada. Los frutos de tomate injertados sobre *Datura stramonium* contienen alcaloides propios del portainjertos, y cuando se injerta tomate sobre tabaco se encuentra nicotina en el tomate, y en el caso contrario, de injertar tabaco sobre tomate, el contenido de nicotina de la planta está notablemente reducido (Hartmann *et al.*, 1991).

La interacción entre patrón e injerto, la posible modificación del crecimiento, floración y fructificación de la planta injertada se debe a tres factores (Hartmann *et al.*, 1991):

- Absorción y utilización de nutrientes.
- Traslocación de nutrientes y agua.
- Alteraciones en factores de crecimiento endógenos.

La sandía injertada sobre *Lageriaria siceraria* tiene menor contenido en magnesio y mayor contenido en calcio que la planta sin injertar. También el pepino injertado

sobre *Shintoza* o sobre *C. ficifolia* presenta síntomas de carencia de magnesio (Miguel, 1993).

### 2.7.7. Métodos de injerto en cucurbitáceas.

Con pequeñas diferencias, tanto en cucurbitáceas como en solanáceas hay dos métodos básicos de injerto: uno, en el que durante el proceso de soldadura se mantienen los dos sistemas radiculares, del patrón y la variedad (**aproximación, dakitsugi**), y otro, en el que un brote de la variedad se une a la planta del patrón (**púa, empalme**).

En una variante de estos últimos, el de **estaquilla**, se produce simultáneamente la soldadura de la púa con el patrón y el enraizamiento de este último.

Como es natural, durante el proceso de soldadura deben mantenerse unas condiciones ambientales más estrictas con los métodos en los que la variedad queda sin raíz en el momento del injerto.

#### 1) De aproximación.

De todos los procedimientos, éste es el más utilizado en España con mucha diferencia sobre los demás. Su principal ventaja es la menor sensibilidad a las condiciones ambientales durante la fase de soldadura respecto a los otros procedimientos. Si la climatización del invernadero donde se realizan los injertos no es muy perfecta, éste es el procedimiento con el que se consiguen, sin ninguna duda, los mejores porcentajes de prendimiento.

El enraizamiento en la maceta de trasplante es rápido y no se produce paralización en el crecimiento de la variedad durante la fase de soldadura. Esto se refleja en un ligero adelanto, a veces inapreciable, en la producción (Miguel, 1997).

El método a seguir es el siguiente (Suzuki, 1972):

- 1) Sembrar en bandeja el melón o sandía, con sustrato suelto. Pregerminar en cámara y llevar a invernadero a 15-30°C. Es también posible sembrar dos semillas de sandía en el mismo alveolo con el fin de que el hipocófito se alargue más y su altura sea más parecida a la del patrón.
- 2) A los 5-7 días, sembrar en bandeja el patrón, si es calabaza. Si el portainjertos es melón, sembrarlo 5 días antes que la variedad.
- 3) Cuando en el patrón aparece la primera hoja verdadera, injertar.
- 4) Arrancar con raíces la planta del patrón y de la variedad.
- 5) Eliminar el brote del patrón, dejando los dos cotiledones (y la primera hoja verdadera, a veces, en melón).
- 6) Hacer una incisión en el patrón comenzando por bajo de los cotiledones, hacia abajo, de 1 a 1,5 cm. y hasta la mitad del tallo.
- 7) Eliminar la piel del tallo de la variedad en la zona de soldadura y hacer una incisión de abajo a arriba, comenzando 2 cm. por debajo de los cotiledones. Esta práctica de quitar la piel del tallo de la sandía en la zona de soldadura, hace más fuerte la unión y la planta menos frágil en el momento de la plantación. Una vez instaladas en el campo, la zona del

- injerto se engrosa y se hace suficientemente resistente, tanto si la unión se ha efectuado por las dos caras de la lengüeta de sandía como por una sola.
- 8) Ensamblar patrón e injerto y sujetar con pinza o cinta.
  - 9) Plantar en maceta o bandeja con alvéolos de 6-10 cm. de anchura.
  - 10) Mantener las plantas en invernadero a 25-26° C durante los dos o tres primeros días, sombreando las plantas.
  - 11) A partir de ese tiempo, levantar el sombreado y airear progresivamente.
  - 12) A los 10 días del injerto, cortar el tallo de la variedad (hacer una prueba previa con algunas plantas) justo por debajo del injerto. Pueden dejarse las dos raíces cuando el problema a evitar no es vascular. En las pruebas realizadas sobre sandía no se ha visto ninguna diferencia de comportamiento entre plantas con uno solo o con los dos pies. En Almería, sin embargo, parece que algunas plantas a las que se deja el tallo de la sandía son afectadas por el MNSV (Miguel, 1997).

## 2) Dakitsugi.

La siembra del patrón se hace directamente en la bandeja definitiva, con alvéolos de 6 cm., y la variedad en bandeja de alvéolo pequeño. Se elimina el brote del patrón y se hace una incisión entre los cotiledones. Se pela el tallo de la variedad por ambos lados bajo los cotiledones y se introduce en la incisión del patrón, de manera que coincidan, las escotaduras hechas en la variedad con el corte del portainjertos. Se ligan las dos plantas por el injerto, con pinza o plástico. El cepellón de la variedad queda simplemente apoyado sobre el del patrón. Una vez completada la unión se corta el tallo de la variedad.

Este sistema permite recuperar algunos portainjertos en los que no haya prendido el injerto de aproximación o realizar el doble injerto (Miguel, 1997).

## 3) Doble injerto.

Algunas variedades de melón presentan problemas, a veces graves, de afinidad con los patrones normalmente utilizados. Para solucionarlos se ha pensado hacer un injerto intermedio con una variedad que sea compatible con el patrón puesto que entre variedades de melón siempre se ha visto buena afinidad.

El doble injerto se realiza en dos fases: en la primera se injerta por aproximación la variedad compatible con el patrón; en la segunda, una vez soldada la unión, se injerta la variedad problemática por el método Dakitsugi, sobre la variedad ya injertada.

La experiencia con este sistema es muy reducida. El injerto no presenta especiales dificultades; únicamente el trabajo de realización se duplica y el tiempo para completar el injerto aumenta en unos 10-12 días.

## 4) De púa en hendidura.

Este tipo de injerto ha comenzado a practicarse en algún semillero. Las principales ventajas respecto al injerto de aproximación consisten en que no necesitan manipulación adicional (corte del tallo de sandía) después del injerto y que la unión, en el momento de la plantación, es mucho más robusta que con el otro procedimiento.

El mayor inconveniente es que necesita de climatización adecuada en el invernadero. Temperaturas bajas o altas y, sobre todo, una bajada en la humedad relativa antes de que se haya establecido una buena comunicación entre los vasos del patrón y la variedad, es de consecuencias irreversibles para las púas.

Puede injertarse de púa, como se hace en el caso de aproximación, con la planta del patrón arrancada de alvéolo pequeño y plantar en alvéolo grande una vez realizado el injerto. De esta manera se puede manipular con mucha facilidad.

Sin embargo, el desarrollo radicular de la planta a la que se le ha reducido enormemente el aparato foliar, es muy lento. En el momento de la plantación el cepellón está insuficientemente constituido. Es conveniente, pues, injertar sobre el patrón enraizado en la maceta definitiva.

Como resulta engorroso manipular sobre las plantas en las bandejas de 6 líneas, es conveniente disponer en cada una de ellas, de tres tundas de lámina de plástico de dos líneas de alvéolos. Para la realización del injerto se separan los patrones en grupos de dos líneas (Miguel, 1997).

El procedimiento a seguir es el siguiente (Suzuki, 1972):

- Sembrar el portainjertos en bandeja con alvéolos de 6 cm. de lado o sembrar en bandeja de alvéolo pequeño y repicar cuando comienza a desplegar los cotiledones.
- Sembrar la variedad en bandeja.
- Injertar con la primera hoja verdadera bien desarrollada en el patrón. El cepellón debe estar bien saturado de agua con el fin de no tener que regar en unos días.
- Cortar el tallo de la variedad 1.5 cm. por debajo de los cotiledones y hacer un bisel de 0,6 – 1,0 cm. en su extremo.
- Eliminar el brote del portainjertos y hacer una hendidura entre los cotiledones, hasta el centro del tallo y hacia abajo, de 1 – 1,5 cm. de longitud.
- Insertar la púa en la hendidura y ligar con pinza o cinta.
- Mantener la planta en ambiente cálido (23-25 °C) y húmedo y sombrear ligeramente.
- A partir del cuarto día retirar el sombreado paulatinamente y a la semana retirarlo completamente y comenzar a ventilar. A las dos semanas ya se puede trasplantar.

## 5) De brote.

Con los sistemas anteriores para hacer un injerto se necesita una planta del patrón y otra de la variedad. Se trata con este método de obtener de una sola planta, varias púas de la variedad.

Como púa se utilizan extremos de brotes, vigorosos, de 4-7 cm. de longitud, de una planta de cualquier edad, incluso con flores formadas. También pueden emplearse fragmentos de tallo con una hoja, siempre que se vea bien iniciado el brote axilar, puesto que algunos de ellos, según su posición en la planta, quedan inhibidos en su desarrollo. De esta manera, en una plantación de sandía se pueden obtener unos 20 brotes por planta cada 15 días y después, cuando se deja de recolectar brotes, tener una cosecha normal.

Es mejor utilizar los brotes inmediatamente después de cortados pero incluso ha habido prendimiento después de enojarlos con una solución de benomilo y tenerlos 24 horas en frigorífico (Miguel, 1997).

En el momento de hacer el injerto se hace un bisel en el extremo inferior del brote y se inserta en la hendidura que se ha hecho entre los cotiledones del patrón. Por lo demás, este sistema es idéntico al descrito para injerto de púa, en todo excepto que el desarrollo de la planta es algo más lento.

Cuando la variedad es protegida no puede multiplicarse libremente sino que es necesario contar con la autorización del obtentor (Ley de Protección de Obtenciones Vegetales 12/ 1975, BOE 14/03/75).

## 6) De perforación lateral.

No se utiliza, que se sepa, en España. Sin embargo en Japón parece ser bastante frecuente, sobre todo cuando el patrón es *Lagenaria*.

La preparación de las plantas es como en el caso anterior y el procedimiento a seguir, tal como se describe (Suzuki, 1972):

- Eliminar el brote del patrón.
- Meter un punzón aplanado por la parte superior de la calabaza y saliendo 1 cm por debajo del cotiledón, de forma que llegue a sobresalir un poco.
- Cortar la variedad 1 – 1,5 cm. por debajo de los cotiledones y hacer un bisel de 5 – 6 mm. en su extremo.
- Sujetar un cotiledón del portainjertos con la mano izquierda y la púa con la derecha e introducirla de golpe en la perforación. Debe quedar sujeta de manera que al tocarla con el dedo no se mueva.
- Mantener en ambiente cálido y húmedo como en el caso de púa en hendidura.

Una modificación expuesta por la firma de semillas Kanda Seed consiste en que:

- Se injerta cuando en el patrón y la variedad apunta la primera hoja verdadera.

- Se corta el patrón a ras de suelo y una vez injertado, se planta en maceta para que se produzca su enraizamiento simultáneamente a la cicatrización del injerto.

## 7) De empalme.

No se utiliza en España. La escasa experiencia que se tiene de este procedimiento corresponde a un ensayo en el que el injerto se realizó con el patrón arrancado con cepellón pequeño y la ligadura con parafilm, colocándose inmediatamente la planta injertada en la bandeja de alvéolo grande.

La realización es sencilla pero tiene los mismos inconvenientes ya apuntados para el injerto de púa (necesita de condiciones ambientales estrictas, y además otro añadido: el extremo del tallo del patrón, que carece absolutamente de aparato foliar, se pudre si sufre cualquier magulladura en el momento del injerto o deficiencia en las condiciones ambientales). Seguramente interesaría injertar con el patrón enraizado en la maceta definitiva, pero eso es verdaderamente difícil salvo en el caso de tener pinzas adecuadas. Y aún teniéndolas, la diferencia de diámetros del patrón y variedad hace el procedimiento poco aconsejable.

La preparación de plantas es como en casos anteriores. El procedimiento a seguir es:

- Cortar el patrón en diagonal, justo por bajo de los cotiledones.
- Introducir un tubo de polietileno o pinza que ajuste con el tallo, por el extremo cortado.
- Cortar el melón o sandía por bajo de los cotiledones en un ángulo similar al anterior e introducir la planta en el tubo de manera que ajuste con el corte del patrón.
- Mantener el tubo unos 12 días, hasta que se produzca la cicatrización del injerto, conservando las plantas en ambiente adecuado para que se produzca la soldadura.
- Retirar el tubo de plástico (o pinza).

La diferencia entre procedimientos de injerto está más bien en facilidad de ejecución y adecuación de las instalaciones para mantener las condiciones ambientales requeridas. Con instalaciones y manejo adecuados los porcentajes de prendimiento son altos con cualquier sistema de injerto. En cambio, si hay alguna deficiencia, los prendimientos en injertos en los que la púa está sin raíz, pueden ser escasos o incluso fallar completamente la injertada (Hartmann y Kester, 1991).

En los ensayos realizados hasta la fecha, injertando en instalaciones no muy bien acondicionadas, ponen de manifiesto la mayor facilidad de prendimiento del injerto de aproximación respecto a los otros dos métodos (Miguel, 1997).

### 2.7.8. El injerto en sandía.

Las referencias europeas del injerto de tomate y melón son muy abundantes, pero no existen apenas relación al injerto de sandía. En Yugoslavia se injertaron variedades Mramorca (Marble), Stocks y New Hampshire sobre plantas de *Lagenaria* sp. Todas produjeron más y más precozmente que el testigo Mramorca sin injertar. Los frutos de las plantas injertadas excedieron en peso en un 40% a las de las plantas sin injertar.

En Japón hay numerosas referencias de injerto de sandía sobre *Lagenaria siceraria*. En experimentos realizados en cultivo sobre arena, la longitud de las plantas de sandía injertada sobre *Lagenaria siceraria* fue mayor que sobre sus propias raíces. El peso de la parte aérea de las plantas injertadas sobrepasó al de sandía sobre su pie cuando el nivel de fertilización era bajo, pero sucedía lo contrario con niveles de fertilización altos. Los contenidos de magnesio y nitrógeno en hojas de las plantas sobre *Lagenaria* fueron menores que sobre sandía. La composición mineral de la raíz de *Lagenaria* estuvo marcadamente influenciada por la parte aérea.

Algunas variedades de sandía son más vigorosas y florecen antes sobre *Cucurbita* que sobre *Lagenaria*. Las plantas con amplio sistema radicular como la calabaza, pepino o *Telfaira* occidentales toleran mejor la presencia de nematodos (*Meloidogyne javanica*) que las plantas con menor sistema radicular, como sandía Sugar Baby o melón (Ogbugi, 1981). Algunas variedades o híbridos de calabaza usados como portainjertos de sandía son Shintoza, Weonkyo 601, Shirokikuza y Kioshiura (Miguel, 1993-b).

*Lagenaria siceraria* var. Mkinoi fue utilizada como portainjerto de sandía, en suelo previamente cultivado durante tres años con sandía, produciendo las plantas injertadas 8,7 veces más que las sin injertar y 1,7 veces más que las cultivadas en suelo sin repetición. No se apreciaron diferencias en la calidad del fruto entre las injertadas y sin injertar (Camacho, *et al.*, 2000).

García (1990 b) indica que en Almería se está cultivando sandía injertada desde 1987, con producciones muy variables pero que en algunos casos han llegado a 25 kg/plantá. Se utilizan los portainjertos Kyosei, Shintoza, Chambak, Peto 950, 102/89, Brava y RS-841. Sobre este último portainjerto se realizó un ensayo con 10 variedades, obteniendo producciones de 14,17 a 25.43 Kg/plantá y un peso medio del fruto de 6,36 a 9,44 kg.

En un estudio sobre la tolerancia a salinidad de cinco patrones de *Cucurbita*, cuatro de *Lagenaria siceraria* y uno de *Benincasia hispida*, injertados con pepino y melón, Matsubara (1989), encontró que el crecimiento de las raíces fue menor en las distintas especies de *Cucurbita* que en las variedades de *Lagenaria siceraria*. La progresiva adición de ClNa a la solución nutritiva causó la inhibición del crecimiento en *Cucurbita*, *Lagenaria* y *Benincasia* cuando se alcanzaron niveles de 2-4 y 6 g/l respectivamente.

El injerto herbáceo en la sandía es una alternativa a la desinfección química del suelo y a otros métodos de lucha contra la fusariosis.

Algunos cultivares de sandía, sobre todo Sugar Baby, al injertarlos sobre *Cucurbita moschata* y diversos híbridos de *C. maxima* × *C. moschata*, se mostraron durante nueve años, como un sistema eficaz en la prevención de ataques de patógenos

de suelo. En suelos no desinfectado y con plantas injertadas se han conseguido rendimientos claramente superiores a los obtenidos con plantas sin injertar, y rendimientos similares o más elevados que en suelos desinfectados con bromuro de metilo y con plantas sin injertar (Camacho, 1998).

## **2.8. CALIDAD DE PLÁNTULA.**

La agricultura a lo largo de la historia ha tenido como objetivo prioritario producir la mayor cantidad posible de alimentos para satisfacer las necesidades humanas. Solamente a partir de la segunda mitad de este siglo, aparece el concepto de calidad, se empieza a tener en cuenta como complementario de la obtención de una determinada producción, que esta tenga una cierta calidad. En los países desarrollados, donde la alimentación está totalmente solucionada, la calidad tiene más importancia que la producción, a la hora de fijar el objetivo de un determinado cultivo. También cobra, cada vez más importancia, el aspecto cualitativo relacionado con su composición y por tanto con la influencia que el consumo de un producto tiene sobre la salud (Hoyos, 1995).

La producción de plantas hortícolas tiene como objetivo la obtención de plantas que tras el trasplante, permitan que el agricultor consiga una importante producción de alta calidad, y en una determinada fecha.

Introducir el concepto de calidad (medida de una forma objetiva) en el sector de la producción de plantas conferirá a este una mayor transparencia, permitirá conocer mejor que empresas producen mejor planta y el agricultor podrá elegir la planta que mejor le conviene por el precio que esté dispuesto a pagar. Elegir la planta es una decisión muy importante, ya que el agricultor está condicionando muchos aspectos del cultivo y del resultado de su trabajo y por ello sabiendo muy bien que producto quiere, debe conocer que producto le ofrecen (Welles, 1989).

Si hay que definir la calidad (medida de forma objetiva) por su utilidad, por la respuesta que le dará al agricultor, está claro que habrá que decidir que atributos de la planta son los más favorables para conseguir una mayor producción de la mejor calidad posible y en el momento más adecuado para obtener los mejores precios y por tanto un mayor beneficio si se mantuvieran los costes (Hoyos, 1995).

La calidad de las plántulas puede supervisarse, además que por la materia seca, como veremos mas adelante, por otros parámetros entre los que destacamos:

- Área foliar.

Es otro parámetro relacionado con la producción, de esta forma, vieron que la disminución del área en las etapas fenológicas más tempranas del cultivo producían una mayor reducción de la cosecha.

Leskovar et al. (1991), observó que no por mucho aumentar el área foliar vamos a conseguir aumentos apreciables de producción, y por tanto puede no ser de interés forzar más el parámetro, ya que podría dejar de ser rentable.

- Área foliar específica.

Masson *et al.* (1991), descubrieron que para evaluar la resistencia de las plantas al estrés del trasplante el índice que mejor se ajustaba era el área foliar específica (SLA), que evalúa mejor ésta capacidad de la planta que la relación entre vástago y el área foliar.

- Diámetro del tallo.

Se ha obtenido una relación cuadrática entre el diámetro del tallo y la producción total por planta, de modo que a mayor diámetro mayor producción total, matizando que incrementar demasiado este parámetro podía no ser rentable económicamente debido al menor incremento que nos produciría una vez trasplantado.

- Altura de la planta.

Leskovar (1991), relaciona la altura de la planta con la producción total y precoz, de forma que alturas medias o pequeñas dan al menos la misma producción que longitudes grandes del tallo.

- Número de hojas.

El número de hojas de la plántula a trasplantar nos van a indicar a mayor número, una mayor producción total.

- La relación entre la longitud y el diámetro del tallo.

Suelen utilizarse como índice de ahilamiento. A mayor valor de este índice la plántula estará más ahilada y mayor riesgo de estrés pos-trasplante.

Hay aspectos de la calidad que se escapan de lo meramente parametrizable sobre la planta, pero que deben tenerse en cuenta: sanidad, homogeneidad de la partida, ya que pueden abocar en diferencias en la producción, precocidad y calidad de la cosecha. (Welles, 1989; Hoyos, 1990).

## 2.9. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA Y ESTRÉS POST-TRASPLANTE.

La primera pregunta que debe hacerse el agricultor es ¿superará la planta la crisis debida al trasplante?. Para conseguir esto, que la planta arraigue y se desarrolle en su nuevo medio son muchas las acciones que se pueden realizar.

El medio en el que plantamos tiene importancia en la superación del estrés, no es lo mismo plantar en un invernadero donde los parámetros climáticos están en mayor

medida controlados y son parecidos a los que la planta ha tenido en el semillero, que plantar al aire libre.

La manera de evaluar si una planta va a resistir mejor o peor el estrés está relacionada con el contenido de materia seca, Tesi (1991) afirma que el contenido en materia seca influye de forma muy importante en el prendimiento del tomate a bajas temperaturas, quedando muy claro que un aumento del 1% en materia seca puede suponer un incremento del 30% en el porcentaje de plantas arraigadas.

El trabajo que más rotundamente liga los parámetros de semillero y los productivos en cultivo, en tomate, se debe a Basoccu y Nincola, quienes en 1989 propusieron diferentes relaciones entre aquellos. La producción total se puede expresar en función del peso seco de la parte aérea según la relación:

$$PT (\text{gm}^{-2}) = 6405,8 + 12,145 \text{ PSA (mg)}; \quad R^2 = 0,6465$$

Siendo el PSA el peso seco de la parte aérea. La producción precoz, a una fecha dada, se relacionaba también con el peso seco de la parte aérea según la relación:

$$PP (\text{gm}^{-2}) = 403,7 + 2,0 \text{ PSA (mg)}; \quad R^2 = 0,8813$$

Hay otros casos en los que se han podido relacionar claramente con la producción, otros parámetros diferentes del peso seco. Así se observó que la producción expresada en gramos por planta, aumenta de forma lineal con el diámetro del tallo, según la expresión:

$$PT (\text{g} \cdot \text{m}^{-2}) = 376,6 + 286,2 \text{ D (mm)}; \quad R^2 = 0,591$$

Y con la longitud del mismo, según:

$$PT (\text{g/m}^{-2}) = 347,1 + 587 \text{ L (cm)}; \quad R^2 = 0,554$$

En muchos casos puede ser de utilidad conocer como se reparte el peso de la planta entre las partes que lo constituye: raíz, tallo y hojas; en algunos casos se separa solamente entre parte aérea y sistema radicular. En otros casos se separa solamente entre parte aérea y sistema radicular. En otros casos se afina bastante y puede ser preciso separar incluso los limbos de los pecíolos al calcular el peso de la hoja. Masson *et al.*, (1991) descubrieron que para evaluar la resistencia de las plantas al estrés del trasplante el índice que mejor se ajustaba era el SLA (área foliar específica), que relaciona el área foliar con el peso de los limbos, encontrándose en tomate, que plantas con bajo SLA resistían mejor el estrés del trasplante. Este índice evaluaba mejor esta capacidad de la planta, que el obtenido de dividir el área foliar entre el peso seco total de la parte aérea, (LAR). Normalmente las plantas de mayor edad suelen tener mayor SLA, pero esto no es así indefinidamente (Leskovar *et al.*, 1991). Para conocer estos índices debemos contar con medidas del área foliar.

Se observó que en el pepino, el parámetro más adecuado es el diámetro del tallo. Obtuvieron que en pepino, el parámetro más adecuado es el diámetro del tallo. Obtuvieron una relación cuadrática entre el diámetro del tallo y la producción total por planta, según la ecuación:

$$PT = -0,119 D^2 + 1,321 D - 0,896; \quad R^2 = 0,986$$

en la cual, se observa como llega un momento en que la curva se va haciendo horizontal, llegando a la situación, ya señalada en otras especies, en que puede no interesar aumentar el diámetro al trasplante, pues económicamente no se vería compensado por un aumento de la producción.

## **2.10. SEMILLAS.**

### **2.10.1. Definición.**

Las semillas son unidades de diseminación y reproducción sexual de las plantas superiores, procedentes del desarrollo de los óvulos de sus flores. Están compuestas de uno o varios embriones, reservas nutritivas y una o varias capas protectoras originadas a partir de los tegumentos del óvulo, del ovario, de los tejidos de otras partes de la flor e, incluso, de la inflorescencia. (Besnier, 1989)

### **2.10.2. Biología de las semillas.**

#### **2.10.2.1. Floración.**

La floración y la polinización son esenciales para la producción de semillas, la mera floración no asegura la producción de semillas si la polinización no se realiza normalmente. Además, cuando se trata de producir semilla de unas variedades determinadas es preciso evitar las contaminaciones causadas por la presencia de polen extraño; en otros casos, como sucede en la producción de semilla híbrida, hay que asegurar que la polinización se efectúe con polen de determinados genotipos y en cantidad suficiente para hacer rentable la producción de semillas. (Besnier, 1989)

De una manera general, las plantas pasan por tres fases de desarrollo antes de su plena floración: la fase juvenil, durante la cual crecen vegetativamente y son insensibles a los estímulos que promueven la floración; la fase inductiva en la cual se hacen sensibles a estímulos endógenos y exógenos que desencadenan su desarrollo vegetativo, en climas templados los estímulos exógenos son el fotoperiodo y la exposición al frío; la fase de iniciación y realización, durante la cual se inicia y completa el desarrollo morfo-genético que conduce a la plena floración. (Besnier, 1989)

#### **2.10.2.2. Fecundación y maduración.**

El proceso de formación de la semilla de las angiospermas consta de tres fases principales: fecundación, desarrollo del óvulo y maduración. (Besnier, 1989)

La llegada de los granos de polen al estigma de la flor asegura, en general, la fecundación y la formación de la semilla pero existen casos en que dicha llegada no da lugar a fecundación (incompatibilidad) y otros en los que la semilla se forma sin que esta fecundación tenga lugar (agamospermia). (Besnier, 1989)

Según Hudson y Dale (1991) una semilla se vuelve madura cuando ha llegado a un estado en que se puede separar de la planta sin perjudicar su germinación, por lo que ha llegado a una condición que incluso unida a la planta no tendrá aumento en peso seco.

### **2.10.2.3. Letargo.**

La mayoría de las semillas de plantas cultivadas, maduras, secas y sanas, germinan rápida y uniformemente cuando se siembran en suelo húmedo y mullido y en época apropiada. Sin embargo, cuando estas mismas semillas se hacen germinar antes de la época normal de siembra siguiente a la cosecha (por ejemplo análisis de germinación en laboratorio), es frecuente la aparición de anomalías, generalmente manifestada en la obtención de porcentajes de germinación inferiores a los normales. Este fenómeno es mucho más acusado en semillas de aquellas plantas herbáceas cuyo producto comercial no es el grano como son las hortalizas. A veces, las anomalías en la germinación pasan inadvertidas en la práctica a causa de las elevadas cantidades de semillas que se utilizan y del empleo de técnicas especiales de siembra como es el uso de los semilleros y las técnicas empleadas en estos. (Besnier, 1989)

Por tanto según Besnier (1989) se denomina letargo al fenómeno por el cual una semilla viable no germina cuando se coloca en un sustrato húmedo, aireado y a temperatura suficiente para sostener los procesos metabólicos que conducen a la germinación.

La hipótesis más extendida sobre las causas de letargo supone la existencia de un equilibrio entre sustancias químicas estimuladoras e inhibitoras, fundamentalmente entre giberelinas y citoquininas, por un lado, y ácido abscísico por el otro; algunas investigaciones recientes parecen indicar que las giberelinas son las sustancias estimuladoras más importantes y que su acción es secundariamente modulada por un equilibrio entre citoquininas y ácido abscísico. Los factores físicos que conducen a la ruptura del letargo inclinarían este equilibrio a favor de las sustancias estimuladoras. (Besnier, 1989)

### **2.10.3. Fisiología de la germinación.**

Según Besnier (1989) la iniciación de la germinación requiere que se cumplan tres condiciones:

- 1) La semilla debe ser viable; esto es, el embrión debe estar vivo y ser capaz de germinar.
- 2) La semilla no debe estar en letargo ni el embrión quiescente. No deben existir barreras fisiológicas o físicas que induzcan letargo ni barreras químicas.

- 3) La semilla debe estar expuesta a las condiciones ambientales apropiadas; disponibilidad de agua, temperatura adecuada, provisión de oxígeno, y en determinadas ocasiones luz.

### **2.10.3.1. Fases en la germinación.**

La primera fase, denominada imbibición, está relacionada con la diferencia de potencial hídrico existente entre la semilla y el sustrato húmedo en el que estas se encuentran. Constituyen un fenómeno puramente físico que tiene también lugar en las semillas muertas o aletargadas y va acompañado con desprendimiento de calor. (Besnier, 1989)

Las proteínas constituyen el principal componente de las semillas que contiene coloides que absorben agua, también lo hacen los mucílagos y las sustancias pépticas, por el contrario el almidón no interviene en este proceso porque solo absorbe agua en condiciones ácidas y tras tratamiento a altas temperaturas. (Besnier, 1989)

En condiciones naturales, la uniformidad y la rapidez de imbibición dependen de la morfología y de la permeabilidad de las cubiertas, de las características del contacto de la semilla con el sustrato húmedo y de la diferencia de potencial hídrico. (Besnier, 1989)

La rapidez en la imbibición, especialmente cuando existe un exceso de agua en el sustrato, tiene generalmente efectos desfavorables para la germinación y el crecimiento de las plántulas. Si la hidratación es muy rápida, el contenido celular se hace soluble pero las paredes celulares no están aún lo suficientemente hidratadas para funcionar como membranas semipermeables e impedir la salida de solutos. (Besnier, 1989)

No existe una distinción tajante entre la imbibición y la fase intermedia durante la cual se desencadena un proceso metabólico activo de preparación para la germinación. Las zonas humedecidas comienzan su actividad metabólica antes de que toda la semilla esté hidratada, especialmente si la hidratación no es uniforme. Si entonces se produce una desecación, la germinación puede verse gravemente perturbada, tal desecación es más grave si el embrión se ha hidratado. (Besnier, 1989)

En esta fase, el mecanismo bioquímico que suministra energía es la glucólisis anaerobia, que produce etanol o ácido láctico como productos secundarios que se acumulan en las semillas. (Besnier, 1989)

Una vez que la radícula ha perforado la testa, el aumento de la disponibilidad de oxígeno conduce a un aumento de la respiración y de la actividad metabólica general de la semilla que lo produce, entre otras consecuencias, la movilización de las reservas que suministran abundante sustrato para los subsiguientes procesos respiratorios, mucho más eficaces, energéticamente, que los iniciales. (Besnier, 1989)

### **2.10.3.2. Hormonas implicadas en la germinación.**

Generalmente se admite que las hormonas vegetales son poco específicas respecto a los compuestos bioquímicos sobre los que actúan y que su especificidad para una acción determinada se debe más bien a su concentración en un momento determinado. No está claro si esto es así, realmente, o si esta visión obedece a una falta de conocimientos actuales sobre la estructura y actividad de las hormonas conocidas. (Besnier, 1989)

También se admite, de forma general, que las hormonas son agentes primarios desencadenantes de la germinación, pero se sabe muy poco sobre su forma de actuación. Ello es debido a que la mayoría de las investigaciones sobre los efectos de las hormonas en las semillas y su germinación se han realizado mediante la aplicación de hormonas exógenas y no se conoce hasta que punto los efectos producidos reflejan procesos fisiológicos reales debidos a las mismas hormonas cuando éstas tienen un origen endógeno. (Besnier, 1989)

Las principales hormonas que intervienen en los procesos que tienen lugar en las semillas en germinación son giberelinas, citoquininas, ácido abscísico, auxinas y etileno. (Besnier, 1989)

#### **2.10.3.2.1. Giberelinas.**

En las semillas secas se han encontrado numerosas clases de giberelinas cuya intensidad de acción biológica es muy variable. El contenido en giberelinas libres va disminuyendo a medida que la semilla madura, en las semillas secas, las cantidades de giberelinas libres y activas son casi nulas. Esta hormona induce la acción de las enzimas hidrolíticas existentes en las semillas y la nueva síntesis de nuevas proteínas, incluyendo las proteínas enzimáticas. (Besnier, 1989)

#### **2.10.3.2.2. Citoquininas.**

Las citoquininas han sido detectadas en muchas semillas maduras, las más difundidas son la zeatina y sus derivados. El contenido en citoquininas libres disminuye al madurar las semillas y es difícil de apreciar en las semillas secas. Puesto que las citoquininas forman parte del ARN de transferencia, se supone que se conservan en forma de ribonucleótidos inactivos hasta el momento en que la semilla se hidrata. Estas parecen promover la síntesis de proteínas y afectan a los fenómenos de permeabilidad de las membranas celulares, estimulan el alargamiento de la radícula y la expansión de los cotiledones e intervienen en la regulación de los niveles de las giberelinas y en la actividad de enzimas hidrolíticas existentes en los cotiledones. El equilibrio entre las cantidades de citoquininas e inhibidores, principalmente, ácido abscísico, determina la continuación o terminación del letargo. (Besnier, 1989)

#### **2.10.3.2.3. Ácido abscísico.**

El ácido abscísico es un inhibidor de la expansión celular, de la síntesis y de la acción de diversas enzimas y, en general, de la germinación. Su papel es muy importante en las semillas inmaduras al impedir una germinación prematura, en las

semillas maduras contribuye al mantenimiento del letargo. Por el contrario, su papel en la germinación de las semillas no aletargadas es nulo. (Besnier, 1989)

#### **2.10.4. Factores ambientales influyentes en la germinación.**

El crecimiento y la fructificación de las plantas no solo reflejan una fuerte influencia de factores genéticos sino también la de factores como la luz, temperatura, lluvia, viento, condiciones del suelo, actividad de insectos, etc. Todos estos factores pueden ser modificados por el hombre obteniendo una mejor calidad de semilla y mayores rendimientos. En realidad, esta modificación del medio constituye una parte importante en la práctica agrícola, ya que los requisitos para un crecimiento vegetativo óptimo son necesariamente los mismos que para una producción óptima. (Hudson y Dale, 1991)

##### **2.10.4.1. Humedad.**

Según Besnier (1989) la rapidez de hidratación depende de tres factores principales:

La diferencia de potencial hídrico entre la semilla y el suelo, o cualquier otro sustrato. El potencial inicial de la semilla es el potencial matricial, es decir, la capacidad de las membranas y los cuerpos proteicos, principalmente, para absorber agua. A medida que la semilla se hidrata, entran en juego el potencial osmótico del jugo celular y la presión hidrostática o de turgencia de las células. El potencial inicial del suelo es también, fundamentalmente, el potencial matricial, es decir, la resistencia de las partículas del suelo a ceder el agua que retienen en su superficie. El potencial osmótico no suele tener importancia, salvo en los suelos salinos donde su efecto puede ser decisivo.

La diferencia inicial de potencial es muy grande, pero a medida que la semilla se hidrata esta diferencia disminuye a causa del aumento de la presión de turgencia de la semilla y del agotamiento del agua disponible en el suelo en inmediato contacto con la semilla. Todo esto ocasiona una disminución de la rapidez de imbibición.

Según esto podemos diferenciar tres partes en el proceso de hidratación de la semilla, una absorción inicial rápida, que en su mayor parte es imbibición, un periodo lento y por último un segundo incremento rápido a medida que emerge la radícula y se desarrolla la planta. (Hudson y Dale, 1991)

En ocasiones antes de la siembra se remojan las semillas para acelerar su germinación y superar ciertos problemas de letargo. La mayoría de las especies herbáceas se benefician con un remojo de 8h. pero pueden ser dañadas por periodos de remojo de 24h. o más. El exceso de agua puede ser atrapado entre los cotiledones y sofocar al embrión. (Hudson y Dale, 1991)

##### **2.10.4.2. Temperatura.**

La temperatura es tal vez el factor ambiental más importante que regula la germinación y controla el crecimiento subsecuente de las plántulas. Las semillas secas, que no han imbibido agua pueden soportar temperaturas extremas. (Hudson y Dale, 1991)

Según Hudson y Dale (1991) la temperatura afecta tanto el porcentaje como la tasa de germinación.

La tasa de germinación, por lo general se reduce a temperaturas bajas pero aumenta paralelamente con la elevación de la temperatura, en forma similar a la curva de una reacción química. Más arriba de un nivel óptimo en que la tasa es más rápida, ocurre una declinación a medida que la temperatura se aproxima al límite letal y la semilla se daña. (Hudson y Dale, 1991)

Si se deja el tiempo suficiente para que se efectúe la germinación, el porcentaje de germinación, a diferencia de la tasa de germinación, puede permanecer relativamente constante, cuando menos en la parte media del rango de temperaturas. (Hudson y Dale, 1991)

Para la germinación de semillas, por lo general se definen tres puntos de temperatura (mínima, óptima y máxima), que varían con la especie. La temperatura mínima es aquella más baja para una germinación efectiva. La máxima es la temperatura más elevada en que puede ocurrir la germinación. Los límites superiores pueden ser determinados ya sea por el límite letal o por los efectos de inducción del letargo. La temperatura óptima para la germinación queda en el rango en que se obtiene el mayor porcentaje de plántulas con la tasa más elevada. (Hudson y Dale, 1991)

La relación entre la velocidad de germinación y la temperatura es aproximadamente lineal entre la temperatura mínima y aquella con mayor velocidad de germinación y entre ésta y la temperatura máxima. (Besnier, 1989)

La velocidad de imbibición también está relacionada con la temperatura a la que se efectúa; si esta es baja, no sólo se retrasa la germinación o baja el porcentaje alcanzado sino que, en muchas semillas se producen daños en el embrión lo que da lugar a anomalías de las plántulas que, si éstas sobreviven, pueden llegar a afectar a las plantas adultas. (Besnier, 1989)

### **2.10.4.3. Aireación.**

Un buen intercambio de gases entre el medio de germinación y el embrión es básico para la germinación y se ha sugerido como una medida de vigor de las semillas. En general, la absorción de O<sub>2</sub> es proporcional a la cantidad de actividad metabólica que se esté efectuando. La provisión de oxígeno al embrión puede estar limitada por la condición del medio de suelo o por restricciones impuestas por las cubiertas de las semillas. (Hudson y Dale, 1991)

En la mayoría de los suelos normales y normalmente drenados, la atmósfera de la capa superficial del suelo es parecida a la situada sobre el terreno, quizás con mayor contenido en dióxido de carbono en suelos ricos en materia orgánica. En la mayoría de los casos el nivel de oxígeno raramente baja del 19%, que es suficiente para la

iniciación y mantenimiento de la germinación por lo que en raras situaciones la ligera disminución del oxígeno o el ligero aumento de dióxido de carbono puedan provocar letargos secundarios. (Besnier, 1989)

#### **2.10.4.4. Luz.**

La luz no es imprescindible para la germinación de las semillas en reposo pero su efecto puede romper el letargo o, contrariamente, producir letargo secundario. (Besnier, 1989)

El mecanismo básico de la sensibilidad en las semillas a la luz implica a un pigmento fotoquímicamente reactivo llamado fotocromo, ampliamente presente en las plantas. La exposición de semillas embebidas a la luz roja (660 a 760 nm) hace que el fotocromo de la semilla cambie a fitocromo<sub>fr</sub> que estimula la germinación. La exposición a la luz infrarroja (700 a 800 nm) ocasiona un cambio a la forma alterna que inhibe la germinación. Esos cambios son instantáneos y se pueden repetir indefinidamente, siendo el último tratamiento el que es efectivo. (Hudson y Dale, 1991)

En la mayoría de las especies cultivadas, la sensibilidad a la luz es un problema que se presenta sólo en los laboratorios de ensayo de semillas, en donde se puede causar letargo secundario. (Hudson y Dale, 1991)

#### **2.10.4.5. Salinidad.**

La concentración excesiva de sales en los sustratos pueden causar efectos negativos en las plantas, principalmente, debido a tres motivos. La disminución de la cantidad de agua disponible por un efecto osmótico, la absorción excesiva de elementos nutritivos y la posible toxicidad de algún ión específico presente en concentraciones relativamente elevadas. (Francois y Maas, 1994)

En el caso de la utilización de compost como sustrato las raíces de las plantas están en contacto directo con el compost, por lo que la salinidad se convierte en un factor limitante.

#### **2.10.5. Principales factores que afectan a la germinación de la sandía.**

La sandía es una planta que prefiere los suelos ricos en elementos fertilizantes y materia orgánica, profundos, bien expuestos al sol y de consistencia media (silíceo-arcillosos). No convienen suelos arcillosos ya que al aplicar riegos copiosos perjudica el desarrollo radicular por el exceso de humedad, por ello se suele proceder a la técnica del injerto, se están usando patrones de la propia familia de las cucurbitáceas como es la calabaza, ya que la sandía injertada es más resistente a la asfixia radicular. (Reche, 1994)

Es medianamente tolerante a la salinidad del suelo y la del agua de riego. Prefiere suelos cuyo pH oscila entre 6 y 7,5, es decir ligeramente ácidos o neutros aunque tolera bien suelos ácidos hasta un pH 5. (Reche, 1994)

Para germinar necesita como mínimo 15 °C. La temperatura óptima de germinación es de 20 a 25 °C, la temperatura máxima para la germinación es de 40 °C. Los cultivos triploides (sin semilla) presentan más problemas de germinación y más exigencias térmicas que los cultivos normales. (Reche, 1994)

Hay que tener presente que la semilla de sandía no germina con facilidad, a no ser que el sobre el sustrato incida el calor suficiente para que junto con la humedad favorezcan el citado proceso. (Reche, 1994)

La semilla de sandía diploide se somete a 36 horas a temperatura constante de 27 °C y humedad del 98% y se produce la emisión con cotiledones totalmente desplegados a los cinco días. La semilla de sandía triploide se somete a 54 horas en las mismas condiciones y emerge del mismo modo que la diploide.

Según Reche (1994) la humedad ideal para la germinación de semillas debe ser entre 60-75%.

## **2.10.6. Producción de semilla.**

### **2.10.6.1. Evaluación de variedades.**

Antes de poner una variedad en circulación comercial, debe ser experimentada a fondo en cuanto a su valor agrícola u hortícola. Cada nueva variedad debe constituir una mejora y tiene que ser comparada con la variedad más extendida y, en distintos aspectos, con las más valiosas de entre las que ya existen a fin de establecer perfectamente su superioridad antes de distribuirla para el cultivo general. (Hudson y Dale, 1991)

Durante la selección y en la fase preliminar de ensayo, la nueva variedad suele ser observada únicamente en un lugar, sin embargo, para que una variedad tenga éxito tiene que comportarse bien en una gran variedad de condiciones, las variedades que han dado resultados prometedores en estos ensayos preliminares deberán experimentarse en ensayos de amplitud regional. En la fase temprana también puede ser posible seleccionar variedades con cualidades específicas para determinadas zonas, los experimentos en fincas ordinarias también tienen gran importancia para fines de demostración, ya que permiten que los agricultores se familiaricen con las nuevas variedades y vean sus características antes de que sean lanzadas al mercado. (Hudson y Dale, 1991)

En la fase ulterior del ensayo preliminar y en el ensayo regional, los expertos deben estar bien planteados estadísticamente. En este tipo de trabajo son preferibles las disposiciones sencillas y la más utilizada es la de bloques al azar, con este tipo de experimentación normalmente se obtiene un grado satisfactorio de precisión, permite la inclusión del número de variedades y de repeticiones que se quiera y el análisis estadístico es sencillo. (Hudson y Dale, 1991)

Todo ensayo a fondo de variedades exige un número de años considerable. Debido a las variaciones climáticas de un año a otro, el valor de una variedad no puede determinarse basándose exclusivamente en los resultados de un solo año. Sin embargo, el mínimo de años para cada fase de experimentación dependerá del tipo de especies y de la fase de desarrollo del programa de mejoramiento. (Hudson y Dale, 1991)

### **2.10.6.2. Producción de semilla comercial.**

En las cucurbitáceas las semillas se producen normalmente al mismo tiempo que el producto comercial salvo, actualmente, en las variedades partenocárpicas y en aquellos casos en que se induce la partenocarpia por tratamiento con hormonas o reguladores del crecimiento. La organización de la recogida de los frutos y la extracción de semilla varía mucho según el volumen de la cosecha y la disponibilidad de mano de obra. (Besnier, 1989)

La recogida de los frutos puede hacerse a mano auxiliándose de distintos medios para facilitar el transporte de la cosecha o puede efectuarse con cosechadoras normales para la recogida de cada tipo de frutos. (Besnier, 1989)

Una vez recogidos los frutos ha de procederse a la extracción de la semilla. En melón los frutos recogidos se cortan longitudinalmente y las semillas, que están agrupadas alrededor de la cavidad central, se sacan fácilmente. En sandía las semillas están más dispersas, los frutos se estrujan, salvo que se trate de pequeñas cantidades utilizadas en los trabajos de mejora en cuyo caso los frutos se cortan transversalmente y las semillas se sacan a mano. Las semillas obtenidas de estos dos frutos después de su recogida sufren procesos de lavado y secado. (Besnier, 1989)

### **2.10.6.3. Producción de semillas híbridas.**

En casi todas las hortalizas de fruto existen en la actualidad variedades híbridas que se caracterizan por su productividad, homogeneidad y resistencia a determinadas enfermedades. (Besnier, 1989)

La mayoría de variedades de sandía y melón son andromonoicas y tienen flores masculinas y flores hermafroditas. (Besnier, 1989)

Según Besnier (1989), la expresión sexual está condicionada genéticamente pero depende, también, del ambiente (luz y temperatura) y de los equilibrios hormonales. Esto hace que en unos casos sea relativamente fácil elaborar procedimientos para la producción de semilla híbrida pero que, en otros, estos procedimientos no siempre funcionen satisfactoriamente.

En melón y sandía se ha intentado el desarrollo de líneas gimnoicas o la castración química de las flores hermafroditas para la producción de semilla híbrida, pero se presentan todavía diversos inconvenientes de orden práctico y la semilla existente en el mercado se obtiene, en su mayor parte, por castración manual. En sandía existen también híbridos tripoides. (Besnier, 1989)

### **2.10.7. Almacenamiento y conservación.**

El objeto principal del almacenamiento de las semillas es su adecuada distribución temporal y espacial. Las semillas han de almacenarse, como mínimo, desde que termina su limpieza hasta que comienza la próxima temporada de siembra pero, en general, su periodo de almacenamiento dura más tiempo. Ello permite la regulación del suministro de semillas ante posibles variaciones, en cantidad y calidad, de las cosechas de los distintos años y facilita la producción de semilla de algunas especies y variedades de escaso volumen de ventas que pueden así cultivarse en superficies y cantidades suficientes para asegurar su obtención en condiciones económicas y técnicas convenientes. (Besnier, 1989)

Por otra parte, el almacenamiento hace posible una más eficaz utilización de las instalaciones de limpieza y acondicionamiento, así como la localización de partidas en las diversas zonas de utilización y la conservación de material genético, generaciones de base, anteriores y de germoplasma. (Besnier, 1989)

El almacenamiento ha de hacerse en condiciones tales que la capacidad germinativa de las semillas se conserve en un buen nivel durante el mayor tiempo posible. Ha de tenerse en cuenta, sin embargo, que la valoración técnica del límite útil de esta capacidad germinativa es muy distinta según se trate de semillas comerciales o de semillas que no lo son. (Besnier, 1989)

En la mayoría de las semillas de plantas cultivadas mantienen mejor su viabilidad cuando se conservan con bajo contenido de humedad y a baja temperatura. Las semillas comerciales sometidas a control han de cumplir unos requisitos mínimos en lo que afecta a su capacidad germinativa. Estas semillas pierden su valor de siembra cuando su germinación es inferior al mínimo exigido. La producción de semilla es relativamente fácil y de gran volumen, por lo que habitualmente se utiliza semilla de la última cosecha complementada con algunas partidas de la penúltima cosecha dada la necesidad de contar con alguna reserva, especialmente en regiones de clima árido y dadas las inevitables discrepancias entre las previsiones de siembra y los resultados de producción y venta. Estas semillas se almacenan, en general, durante un plazo máximo de unos 18 meses y salvo grandes fallos en la última cosecha, los sobrantes se retiran de la venta incluso si conservan una capacidad germinativa superior a la mínima. (Besnier, 1989)

---

## **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

### 3. MATERIAL Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización

El estudio consta de dos partes: una fase inicial de semillero y una segunda fase de laboratorio.

La fase de semillero fue llevada a cabo en las instalaciones del semillero industrial VITALPLANT S.L., situado en la carretera de San José, paraje Balsa Seca S/N, San Isidro de Níjar (Almería).



*Figura 32. Detalle de la vista aérea del semillero Vitalplant.*

La segunda fase de laboratorio se llevó a cabo en el laboratorio de Producción Vegetal 2.09 del edificio CITE II-B de la Universidad de Almería.



*Figura 33. Detalle de la vista aérea del CITE II.*

## 3.2. Instalaciones

### 3.2.1. Descripción del semillero

El semillero dispone de una superficie total de 24.000 m<sup>2</sup>, de los cuales 21.000 m<sup>2</sup> están destinados a un invernadero y los 3.000 m<sup>2</sup> restantes están ocupados por dos almacenes, una oficina, dos balsas, taller de injertos y un área de recepción y estacionamiento.



**Figura 34. Detalle de la fachada exterior del semillero**

### 3.2.2. Descripción de la estructura y dimensiones

El invernadero posee una estructura, tipo multitúnel, con 15 túneles de 187,5 m de largo y 96 m de ancho, conformando una superficie total de 21.000 m<sup>2</sup>, tal y como se mencionó anteriormente. Esta estructura mejora el control de la luz, la temperatura y la ventilación, así como la evacuación del agua de lluvia. Los túneles estaban adaptados con canaletas, con el fin de recoger el agua de lluvia para transportarla hasta la balsa.



**Figura 35. Detalle de uno de los túneles del invernadero.**

La orientación que posee el eje longitudinal del invernadero es Norte-Sur con el objetivo de recibir la radiación de forma más homogénea. La pendiente es del 0,4%.

La estructura y los materiales de sujeción de los que forma parte casi en su totalidad son a base de galvanizado. Cada uno de túneles presenta una longitud de 6,40 m, la altura bajo canal es de 4 m y la altura al cenit de 5,32 m.

La cubierta plástica utilizada es de polietileno tritérico de 800 galgas.

### 3.2.3. Refrigeración

La refrigeración del semillero se basa fundamentalmente en la utilización de ventanas cenitales, pero también dispone de mallas de sombreo y blanqueo para la estación estival.

La apertura y cierre de las ventanas se hace manualmente, atendiendo a la climatología (temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento) y al criterio seguido por los responsables y técnicos del semillero.



*Figura 36. Detalle de un túnel con malla de sombreo.*

La ventilación cenital se compone de ventanas de medio arco abatibles con cremallera. Las ventanas presentan mallas anti-trips ( $20 \times 10$  hilos  $\cdot$   $\text{cm}^2$ ) para la protección de plagas. La superficie de ventilación es del 15 % de la superficie total del invernadero.



*Figura37. Detalle de una ventana abatible abierta.*

### **3.2.4. Calefacción**

El semillero dispone de calefacción, ya que normalmente se necesita durante la estación invernal para contrarrestar las bajas temperaturas que suelen producirse en la zona de San Isidro. Disponen de dos tipo de calefacción:

1) Calefacción por agua caliente. Consiste en hacer pasar agua caliente por un circuito cerrado de tubos corrugados, situados en la base del terreno. Este sistema, disipa muy bien el calor y permite mejorar en la competitividad y calidad de planta.



*Figura 38. Detalle de tubos corrugados de agua caliente.*

2) Calefacción por aire caliente. Este tipo de calefacción, consiste en la generación de aire caliente a partir de la combustión de gas propano. Mejora la precocidad y productividad de un cultivo en fechas frías con un grado de tecnificación medio. Una instalación de calefacción con generadores de aire caliente (G.A.C.) consta de:

- Instalación de almacenamiento y suministro de combustible, en nuestro caso gas propano.
- Redes de suministro de combustible: conjunto de conducciones, válvulas, filtros y reguladores de presión, que alimentan a cada generador de aire caliente.
- Red de electrificación.
- Generador de aire caliente: equipo con quemador, cámara de combustión, intercambiador de calor aire – aire y ventilador.



*Figura 39. Detalle del calefactor de propano*



*Figura 40. Detalle del transporte de aire caliente*

Para ahorrar gastos en calefacción, el invernadero posee un doble techo de polietileno de 100 galgas.



*Figura 41. Detalle del doble techo.*

### **3.2.5. Maquinaria de siembra**

La siembra se realiza normalmente de forma mecánica, bajo algunas excepciones, mediante el empleo de una sembradora industrial, tipo Antolinez, formada por un equipo de elementos que realizan simultáneamente todas las operaciones de siembra. El tren de siembra consta de:

- ♦ Mezclador de sustratos
- ♦ Alimentador de bandejas
- ♦ Módulo de llenado y prensado
- ♦ Módulo de punzonado
- ♦ Cabezal de siembra
- ♦ Módulo de tapado
- ♦ Túnel de riego



Figura 42. Detalle del tren de siembra.



Figura 43. Detalle del módulo de llenado y prensado, módulo de punzonado, cabezal de siembra, módulo de tapado y túnel de riego, respectivamente.

### 3.2.6. Cámara de germinación

Es un recinto cerrado donde se introducen las bandejas recién sembradas y se mantienen durante un tiempo determinado en condiciones óptimas. Durante nuestros ensayos permanecieron tres días y los parámetros de humedad relativa y temperatura en la cámara de germinación fueron de 80-95 % y 22-28 ° C respectivamente.



*Figura 44. Detalle de la cámara de germinación.*

### **3.2.7. Sistemas de riego**

El riego se lleva a cabo de forma manual, con una manguera de 2,5-3 kg/cm<sup>2</sup> de presión. El sistema de fertirrigación está formado por las siguientes unidades básicas: embalse, cabezal de riego, red de alimentación y sistema de distribución del agua.



*Figura 45. Detalle de la manguera de riego.*

- ♦ Embalse de riego: el agua procede de dos balsas de medio millón de litros de capacidad, cada una. Están fabricadas con hormigón y están cubiertas con objeto de evitar la entrada de polvo, patógenos, etc. Las oficinas se sitúan encima de ellas con objeto de aprovechar el espacio.
- ♦ Cabezal de riego: compuesto de sistema de aspiración e impulsión, sistema de filtrado, equipo de fertilización (formado por 6 tanques de 1000 litros para la preparación de la solución de macronutrientes y micronutrientes, y un tanque de 500 litros para el ácido nítrico)



*Figura 46. Detalle de los tanques de fertilización.*

- ♦ Sistema de distribución: es el encargado de distribuir el agua y los fertilizantes desde los depósitos del agua de riego hasta los emisores. La red de distribución está compuesta por una tubería principal de PVC (policloruro de vinilo) que recorre transversalmente el invernadero. Longitudinalmente se encuentran las tuberías secundarias, con un diámetro inferior a la principal.

Todo el sistema está controlado por un ordenador de riego.



*Figura 47. Detalle de los depósitos de almacenamiento de agua de riego.*



*Figura 48. Detalle de la caja de control y del ordenador de riego.*

Los dispositivos que controlan, regulan y protegen la instalación de posibles anomalías durante su funcionamiento son:

Efecto de diferentes tipos y dosis de compost sobre la germinación, crecimiento y calidad de plántulas de sandía injertada, bajo semillero industrial especializado.

---

- Manómetros, que indican la presión que hay en los diferentes puntos de la red de riego. Éstos, por diferencia de presión nos van a indicar en el momento que hay que limpiar los filtros.
- Llaves de paso que abren y cierran los sistemas de distribución.
- Contadores.

El semillero además cuenta con microaspersores de  $2,5 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$  de presión, como complemento al riego con manguera.



*Figura 49. Detalle de los microaspersores en funcionamiento.*

### **3.2.8. Sistemas de tratamientos fitosanitarios**

Los tratamientos fitosanitarios se aplican de forma manual mediante un pulverizador hidroneumático de chorro proyectado.



*Figura 50. Detalle del pulverizador hidroneumático.*

### **3.2.9. Otros**

En el semillero se llevan a cabo métodos de lucha integrada que engloban en uso de dobles puertas, utilización de trampas cromáticas, empleo de enemigos naturales de las plagas, etc.

Las entradas al semillero están dotadas de doble puerta. Entre dichas puertas, hay dispuestas alfombras para la desinfección del personal y material de posibles patógenos que puedan transmitirse al interior de la nave. En ellas, suele emplearse lejía como desinfectante.



*Figura 51. Detalle de la doble puerta y alfombra.*

Los pasillos interiores de la nave están formados por una solera de hormigón de espesor de 10 cm y ancho de pasillo de 1,20 m.

Las banquetas o mesas de cultivo, son estructuras construidas dentro del invernadero, a una altura del suelo de 60 cm, perfectamente niveladas, donde se colocan las bandejas sembradas. Los materiales de construcción de dichas banquetas son, bloques de hormigón colocados verticalmente, sobre los que se apoyan viguetas de tubo galvanizado.



*Figura 52. Detalle de la banqueta de cultivo.*



*Figura 53. Detalle de un carro de transporte.*

El semillero dispone de dos almacenes y una oficina. El primero es un almacén de trabajo, perfectamente comunicado con el invernadero, donde está el tren de siembra y donde se almacenan las bandejas, fundas, herramientas y todo tipo de substratos a utilizar. El segundo almacén, es donde se encuentra el cabezal de riego, el sistema de fertilización, y es además el lugar donde se guardan bajo llave, los abonos y productos fitosanitarios que utilizan.

### **3.3. Diseño experimental**

**Para la sandía, se han realizado dos experimentos. Una vez finalizado el primero se procedió con el segundo. A su vez, cada uno de los experimentos constaba de dos ensayos que tuvieron las mismas características de diseño y evaluación.**

Cada uno de los experimentos tuvo un diseño en bloques al azar compuesto de 11 tratamientos y cada tratamiento constaba de 2 repeticiones correspondientes a bandejas de poliestireno expandido de 150 alvéolos.

La toma de datos, sobre germinación, se realizó sobre la totalidad de plantas que albergaba la bandeja de poliestireno, es decir, se tuvieron en cuenta 150 plantas por repetición, 300 plantas por tratamiento, con un total de 3300 plantas analizadas para ambos experimentos.

Una vez terminada la toma de datos sobre la germinación, se escogieron 108 plantas de cada tratamiento, de forma aleatoria entre las dos repeticiones, para injertarlas sobre calabaza. Se respetó el origen de los tratamientos a la hora de injertar la sandía con la calabaza. Cada tratamiento constaba de 2 repeticiones correspondientes a bandejas de poliestireno expandido de 54 alvéolos.

Para la fase de toma de datos sobre morfología, se escogieron 16 plantas por repetición, o lo que es lo mismo, 32 plantas por tratamiento, con un total de 352 plantas para ambos experimentos. La elección de las 16 plantas se estableció de la siguiente forma: se dividieron cada una de las bandejas en 4 cuadrantes y de cada uno de ellos se tomaron, al azar, 4 plantas para su posterior evaluación, eligiendo sobre las zonas centrales de las bandejas, para evitar el llamado “efecto borde”.

La colocación y disposición de las bandejas en el semillero fue al azar pero sin dejar las dos bandejas del mismo tratamiento en el borde, es decir, junto al pasillo.

#### **3.3.1. Sustratos utilizados**

Para la realización de estos experimentos, se utilizaron los siguientes sustratos: turba rubia, turba negra, perlita, vermiculita, fibra de coco, compost de orujo de vid, compost de Residuos Sólidos Agrícolas (R.S.A.) y compost de Residuos Sólidos Urbanos (R.S.U.) en diferentes mezclas. En la tabla 16 se muestra el pH, CE y la composición de los diferentes sustratos empleados en nuestro trabajo.

Efecto de diferentes tipos y dosis de compost sobre la germinación, crecimiento y calidad de plántulas de sandía injertada, bajo semillero industrial especializado.



Figura 54. Detalle de los sacos de sustratos utilizados.

Tabla 16. Características químicas de los extractos saturados de la turba rubia, los compost iniciales (residuos sólidos agrícolas, orujo y residuos sólidos urbanos), y el sustrato de semillero (turba rubia + turba negra + fibra de coco) usados en el presente trabajo.

Variable <sup>a</sup>	Sustrato de				
	Turba rubia (T)	semillero (SS)	RSA	Orujo	RSU
pH	6.83	6.54	6.93	7.25	7,75
CE (dS·m <sup>-1</sup> )	0.62	0.72	29.8	14.08	29,6
Nitratos (mg·l <sup>-1</sup> )	22	15	<10	3985	332
Sulfatos (mg·l <sup>-1</sup> )	329	196	2770	3355	9667
Cloros (mg·l <sup>-1</sup> )	26	86	9000	1158	8149
Fósforos (mg·l <sup>-1</sup> )	32	33	9	0	0
Sodio (mg·l <sup>-1</sup> )	32	71	1619	251	4188
Potasio (mg·l <sup>-1</sup> )	88	164	5400	3455	3417
Calcio (mg·l <sup>-1</sup> )	123	45	908	467	3308
Magnesio (mg·l <sup>-1</sup> )	17	11	679	117	519

Efecto de diferentes tipos y dosis de compost sobre la germinación, crecimiento y calidad de plántulas de sandía injertada, bajo semillero industrial especializado.

Cadmio ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	1	0.1	0.2
Cromo ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	45.91	10.78	46.85
Mercurio ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	<2.5	<2.5	<2.5
Molibdeno ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	1.31		
Níquel ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	88.2	9.1	62.07
Plomo ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	59.6	9.5	46.8

<sup>a</sup> Variables analizadas en extracto saturado

### 3.3.1.1. Preparación de las mezclas

Los objetivos de este ensayo, fueron analizar y optimizar el comportamiento de las diferentes mezclas de compost como sustrato en semilleros industriales. Para ello, se pretende comparar los distintos sustratos a igualdad de conductividad eléctrica.

Las proporciones de las mezclas vienen dadas por la conductividad eléctrica del extracto saturado del sustrato. De manera que se prepararon de forma manual varios tratamientos con los sustratos anteriormente mencionados.

La preparación de las mezclas se llevo a cabo de la siguiente manera:

- 1) El primer paso en la elaboración de las mezclas fue el cribado de todos los sustratos empleados. Para ello, se empleo un tamiz que no permitía el paso de partículas superiores a 5 mm.



Figura 55. Tamizado de un sustrato.

- 2) Tras el tamizado, se llevó a cabo la mezcla manual del compost con la turba y la perlita, en las proporciones que se detallan en la tabla 17, para los 9 tratamientos. A cada tratamiento se le añadió un 5 % de perlita.



Figura 56. Preparación de la mezcla.

Tabla 17. Composición en % (en volumen) de los tratamientos.

Tratamiento	CE (dS/m)	% Compost	% turba	Compost de origen
SA 2,5	3,13	10	90	Residuos Sólidos Agrícolas
SA 3,5	3,33	15	85	Residuos Sólidos Agrícolas
SA 4,5	4,28	20	80	Residuos Sólidos Agrícolas
SO 2,5	2,06	40	60	Orujo de vid
SO 3,5	2,74	60	40	Orujo de vid
SO 4,5	3,36	100	0	Orujo de vid
SU 2,5	3,41	15	85	Residuos Sólidos Urbanos
SU 3,5	5,01	23	77	Residuos Sólidos Urbanos
SU 4,5	5,26	27	73	Residuos Sólidos Urbanos

- 3) Una vez preparados los distintos tratamientos se procedió al llenado en bandejas de poliestireno expandido de 150 alvéolos de forma manual.
- 4) Y finalmente se cubrieron con vermiculita y se llevaron a la sembradora.

En los dos experimentos se emplearon como testigo turba (ST) y sustrato del semillero (SSS). La composición de ambos queda reflejada en la tabla 18.

Tabla 18. Composición (% en volumen) de los tratamientos usados como testigo.

Tratamiento	Composición
ST	95 % Turba rubia 5 % Perlita
SSS	44 % Turba rubia 12 % Turba negra 35 % Fibra de coco 9 % Perlita

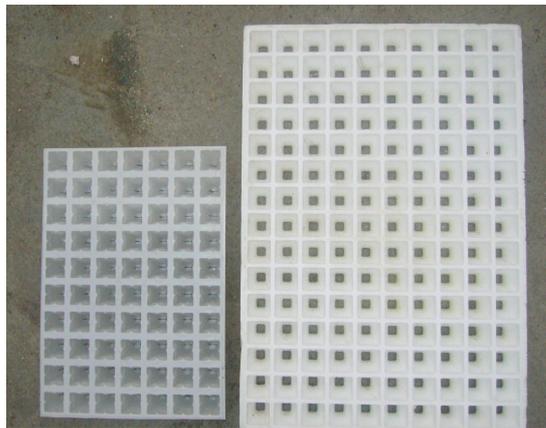
De cada tratamiento se prepararon dos bandejas, obteniendo así dos repeticiones por tratamiento, dando un total de 22 bandejas para ambos experimentos.

### **3.3.2. Labores culturales**

#### **3.3.2.1. Siembra**

La primera siembra se realizó el día 10 de noviembre de 2008 y la del segundo experimento fue el 24 de diciembre de 2008. Ambas se llevaron a cabo de forma mecánica, siendo la profundidad de siembra de 2 mm aproximadamente en todos los tratamientos.

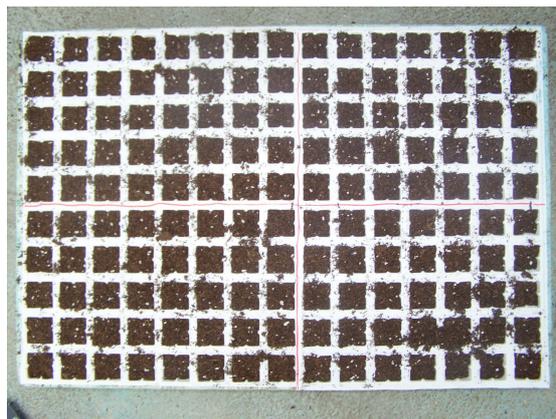
Las bandejas utilizadas fueron de poliestireno expandido (porespam) de color blanco de 150 alvéolos. Las bandejas no fueron rellenas directamente con el sustrato, sino que se le introdujeron fundas plásticas (placas alveolares fabricadas con polipropileno) de color blanco.



*Figura 57. Detalle de una bandeja de poliestireno expandido y su funda.*



*Figura 58. Detalle del llenado de las bandejas*



**Figura 59. Detalle de una bandeja llena del compost**

La desinfección de las bandejas de poliestireno expandido se lleva a cabo en un depósito con agua a presión. El agua contiene un 5 % de hipoclorito de sodio.

El llenado de las bandejas se llevó a cabo de forma manual.

Una vez hecha la siembra, se metieron las bandejas en la cámara de germinación y permanecieron durante 3 días en unas condiciones ambientales de entre 80-95% de humedad y unos 22-28°C. Se utilizaron, para el primer experimento, 3.300 semillas de sandía de la *var.* triploide 6330241, y para el segundo experimento 3.300 semillas de sandía de la *var.* diploide 02ZS129 (*Zeta Seed*).

### 3.3.2.2. Riegos

Los riegos fueron aplicados según los responsables y cuerpo técnico del semillero, en base a la demanda que tuvieran los sustratos y según las condiciones ambientales presentes. Como premisa, se intentaba evitar los encharcamientos y las posibles deficiencias en función de la evapotranspiración del cultivo.

Hasta los 10 días después de la siembra, todos los tratamientos se regaron sólo con agua. El volumen de agua aproximado fue de 0,6 a 0,8 litros por cada bandeja. A partir de los 10 días después de la siembra, se aplicó fertilización en el agua de riego y se aumentó el volumen de agua hasta 1 litro·bandeja<sup>-1</sup>, y así se mantuvo hasta el final del cultivo. La solución fertilizante fue la misma durante todo el cultivo y fue común a los dos experimentos.

La periodicidad de los riegos dependía fundamentalmente de las condiciones climáticas del día (radiación, temperatura, etc), llevándose normalmente de 2-4 riegos por semana.

El semillero dispone de dos tipos de aguas, la del “pozo Vizcaíno” con un pH de 7,37 y una CE de 4,41 dS·m<sup>-1</sup> y por otro lado el agua procedente de la desaladora de Carboneras con un pH de 7,9 y una CE de 0,6 dS·m<sup>-1</sup>. Con ambas aguas y sus mezclas realizan los riegos en el semillero. En nuestro caso, para la sandía y en ambos experimentos, sólo se empleó el agua de desaladora.

La solución fertilizante aportada fue, aproximadamente, como se expresa en la tabla 19, a excepción de casos que por recomendación técnica fue variada. Los tanques estaban concentrados al 10%. El incremento de conductividad eléctrica sobre el agua que se empleo para los dos experimentos fue de  $1,5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ .

**Tabla 19. Solución fertilizante aplicada en semillero.**

Fertilizante	Concentración (% en volumen) en la solución fertilizante
Nitrato potásico	15
Fosfato monoamónico	50
Nitrato cálcico	10
Sulfato potásico	10
Nitrato magnésico	10
Microelementos	5
Total	100

El riego se aplicó manualmente con una manguera de  $2,5 - 3 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$  de presión. Dichos riegos se realizaban entre las 10 y 12 horas de la mañana, y tenían una duración que variaba en función de las necesidades de cultivo y del operario que los efectuara.



*Figura 60: Detalle del riego con manguera.*

### 3.3.2.3. Tratamientos fitosanitarios

Los tratamientos fitosanitarios fueron aplicados con un pulverizador hidroneumático de chorro proyectado, como se citó anteriormente.

A continuación se detallan los tratamientos fitosanitarios aplicados en cada uno de los experimentos en las tablas 20 y 21.

**Tabla 20: Tratamientos fitosanitarios aplicados en el primer experimento.**

Efecto de diferentes tipos y dosis de compost sobre la germinación, crecimiento y calidad de plántulas de sandía injertada, bajo semillero industrial especializado.

Fecha	dds	Producto	Dosis	Materia activa
13/11/08	3	Ospo Bot	150 ml	20% Ext. Ferment. Microorg.
18/11/08	8	Tec Bom AZ	200 ml	30% Jabón Potásico
20/11/08	10	Citrotec	150 ml	80% Ext. Semillas Cítricos
22/11/08	12	Tecfort	200 ml	4,5% Ext. Piretrinas
		Tecniol	400 ml	100% Ext. Ajo
25/11/08	15	Ospo vi 55	400 gr	0,8% Microorg. + 2% aa
28/11/08	18	Cifosfin	200 ml	30% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 20% K <sub>2</sub> O
		Tec Red	200 ml	100% Aceite de tomillo rojo
		Tecfort	200 ml	4,5% Ext. Piretrinas
30/11/08	20	Tecniol	400 ml	100% Ext. Ajo
		Captec	200 ml	60%Ext. Chile+20% Ext. Veg.
2/12/08	22	Ospo Bot	250 ml	20% Ext. Ferment. Microorg.
4/12/08	24	Ospo vi 55	250 gr	0,8% Microorg. + 2% aa
		Rocket	300 gr	Triflumizol 30%
9/12/08	29	Citrotec	200 ml	80% Ext. Semillas Cítricos
13/12/08	33	Ospo Bot	250 ml	20% Ext. Ferment. Microorg.
18/12/08	38	Citrotec	200 ml	80% Ext. Semillas Cítricos
22/12/08	42	Tecmen	100 ml	20% Ext. Neem
24/12/08	44	Ospo Bot	250 ml	20% Ext. Ferment. Microorg.
28/12/08	48	Captec	200 ml	60%Ext. Chile+20% Ext. Veg.
29/12/08	49	Tamboril	30 ml	Triadimenol 25%
31/12/08	51	Cifosfin	100 ml	30% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 20% K <sub>2</sub> O
2/01/09	53	Ospo Bot	250 ml	20% Ext. Ferment. Microorg.
		Tecmen	100 ml	20% Ext. Neem
7/01/09	58	Captec	150 ml	60%Ext. Chile+20% Ext. Veg.
		Cifosfin	100 ml	30% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 20% K <sub>2</sub> O
15/01/09	66	Ospo Bot	250 ml	20% Ext. Ferment. Microorg.
17/01/09	68	Citrotec	200 ml	80% Ext. Semillas Cítricos
20/01/09	71	Ospo vi 55	200 gr	0,8% Microorg. + 2% aa
22/01/09	73	Rocket	40 gr	Triflumizol 30%
23/01/09	74	Ospo Bot	250 ml	20% Ext. Ferment. Microorg.
27/01/09	78	Citrotec	100 ml	80% Ext. Semillas Cítricos
		Cinatec	200 ml	11% Ext. Canela

**Tabla 21: Tratamientos fitosanitarios aplicados en el segundo experimento.**

Fecha	dds	Producto	Dosis	Materia activa
28/12/08	4	Captec	200 ml	60%Ext. Chile+20% Ext. Veg.
29/12/08	5	Tamboril	30 ml	Triadimenol 25%
31/12/08	7	Cifosfin	100 ml	30% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 20% K <sub>2</sub> O
2/01/09	9	Ospo Bot	250 ml	20% Ext. Ferment. Microorg.
		Tecmen	100 ml	20% Ext. Neem
7/01/09	14	Captec	150 ml	60%Ext. Chile+20% Ext. Veg.
		Cifosfin	100 ml	30% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 20% K <sub>2</sub> O

15/01/09	22	Ospo Bot	250 ml	20% Ext. Ferment. Microorg.
17/01/09	24	Citrotec	200 ml	80% Ext. Semillas Cítricos
20/01/09	27	Ospo vi 55	200 gr	0,8% Microorg. + 2% aa
22/01/09	29	Rocket	40 gr	Triflumizol 30%
23/01/09	30	Ospo Bot	250 ml	20% Ext. Ferment. Microorg.
27/01/09	34	Citrotec	100 ml	80% Ext. Semillas Cítricos
		Cinatec	200 ml	11% Ext. Canela
30/01/09	37	Citrotec	250 ml	80% Ext. Semillas Cítricos
		Tecnona	200 ml	Rotenona
3/02/09	41	Botrybel	1500 ml	<b>Bacillus velezensis cepa AH2</b>
		Ospo Bot	200 ml	20% Ext. Ferment. Microorg.
6/02/09	44	Ospo vi 55	200 gr	0,8% Microorg. + 2% aa
12/02/09	50	Citrotec	200 ml	80% Ext. Semillas Cítricos
16/02/09	54	Cifosfin	250 ml	30% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 20% K <sub>2</sub> O
19/02/09	57	Ospo vi 55	200 gr	0,8% Microorg. + 2% aa
20/02/09	58	Aviso	300 gr	Cimoxanilo 4,8% + Metiram64%
23/02/09	61	Ospo Bot	250 ml	20% Ext. Ferment. Microorg.
24/02/09	62	Rocket	40 gr	Triflumizol 30%
25/02/09	63	Cinatec	200 ml	11% Ext. Canela
27/02/09	65	Equitec	600 ml	Ext. de <i>Equisetum</i> ; 30% M.O.
3/03/09	69	Ospo vi 55	200 gr	0,8% Microorg. + 2% aa
4/03/09	70	Citrotec Plus	280 ml	25% Ext Semillas Cítricos+7% Ext. Canela+10% Ext Plantas
5/03/09	71	Ospo Bot	200 ml	20% Ext. Ferment. Microorg.
		Citrotec	250 ml	80% Ext. Semillas Cítricos
9/03/09	75	Rocket	40 gr	Triflumizol 30%
		Cinatec	200 ml	11% Ext. Canela
		Mancopec 80	200 gr	Mancozeb 80%
12/03/09	78	Cifosfin	250 ml	30% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 20% K <sub>2</sub> O

Los tratamientos se realizaron al atardecer, momento en el que desciende la temperatura para evitar fitotoxicidades.



Figura 61. Momento de aplicación de tratamientos fitosanitarios.

### 3.3.2.4. Injerto

Tras la toma de datos de germinación y cuando las plantas de sandía y calabaza estuvieron en su punto óptimo, se procedió a su injerto. La calabaza se sembró unos 5-7 días más tarde que la sandía, para que el porte de ambas fuera semejante a la hora de injertarlas.

El tipo de injerto que se llevó a cabo fue por aproximación, bajo las operarias del semillero. El injerto se procuró hacer a primeras horas del día. El procedimiento a seguir fue el siguiente:

- Primero se escogieron las plantas de sandía y calabaza, correspondientes a cada uno de los tratamientos.
- A continuación, se tomó la calabaza, se quitaron las hojas verdaderas y con la ayuda de una uña postiza o bisturí se le extrajo la yema apical y las dos yemas axilares, dejándole sólo los cotiledones.



Figura 62. Detalle de la extracción de la yema apical.

- Con la ayuda de una cuchilla, se hicieron cortes en bisel a la sandía y a la calabaza, en sentido contrario (el corte en la calabaza se hizo descendente y en la sandía ascendente, ambos por debajo de los cotiledones).

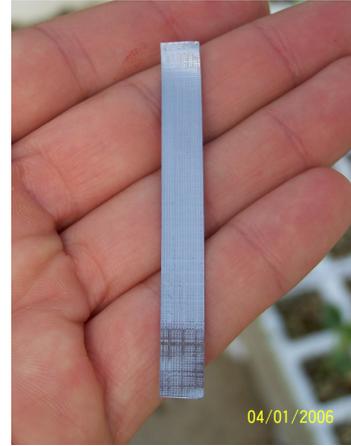


Figura 63. Detalle del corte con cuchilla en la calabaza

- Se insertó la sandía con la calabaza y se fijó con una tira de aluminio para tener mayor sujeción y evitar la incidencia de la luz.



**Figura 64. Detalle del injerto entre sandía y calabaza**



**Figura 65.**

**Detalle de la tira de aluminio**

- Por último, las plantas una vez injertadas, fueron llevadas a bandejas de 54 alvéolos de poliestireno expandido (porespam) de color blanco. Como medio de transplante se emplearon fundas de polipropileno de color blanco que fueron insertadas sobre dichas bandejas.



**Figura 66. Detalle de la bandeja de poliestireno de 54 alvéolos.**



**Figura 67. Fijación del aluminio al injerto**



**Figura 68. Detalle del transplante a las bandejas**

La fecha de injerto para el primer experimento fue el 16/12/08 y para el segundo el 04/02/09.

### **3.3.2.5. Cámara de prendimiento**

Una vez terminado el injerto, las bandejas se transportaron, ese mismo día, a una cámara especial donde se mantuvieron en unas condiciones estándar de 25°C de temperatura y al 90% de humedad relativa. La cámara estaba dotada de bancadas de tubos galvanizados donde se colocaron las bandejas y se aislaron con cubierta plástica de polietileno de 120 galgas.



*Figura 69. Detalle de una de las bancadas en la cámara de prendimiento.*

La extracción de las bandejas de la cámara de prendimiento se hizo progresivamente con el fin de ir aclimatando las plantas poco a poco de las condiciones ambientales del túnel de prendimiento a las condiciones del exterior. Para ello, se le fueron dando pequeños cortes al plástico que las envolvía. Durante sucesivos días, dichos cortes fueron siendo mayores hasta conseguir destaparlas del todo. El tiempo de permanencia en dicha cámara fue el que responsables y cuerpo técnico consideraron necesario, concretamente fueron 7 días para ambos experimentos.

### **3.3.2.6. Corte del pie de sandía**

Una vez transcurrido un tiempo, ya fuera de la cámara de prendimiento, se procedió a cortar el pie de la sandía. Dicha espera fue hasta cuando se consideró que el injerto estaba bien soldado. Concretamente, en el primer experimento fue el 12/1/09 y para el segundo el 25/2/09.



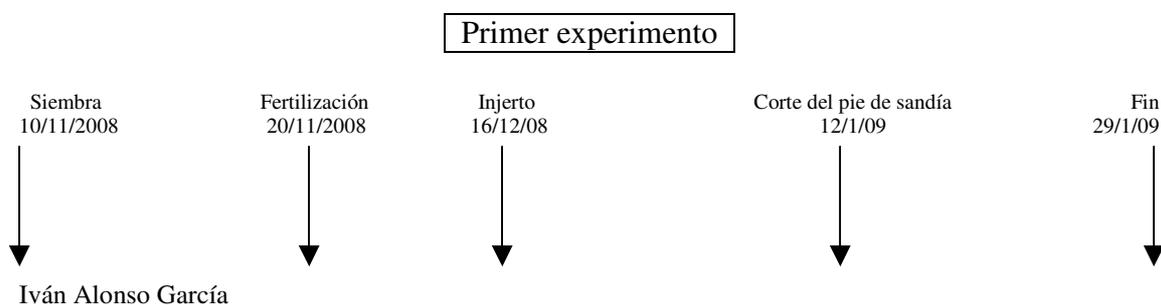
*Figura 70. Detalle del corte del pie de la sandía*

El corte fue llevado a cabo por las operarias del semillero con una cuchilla. Se procedió a eliminar un pequeño trozo del tallo desde la base de la sandía hasta la proximidad del injerto, tal y como muestran las figuras 70 y 71.

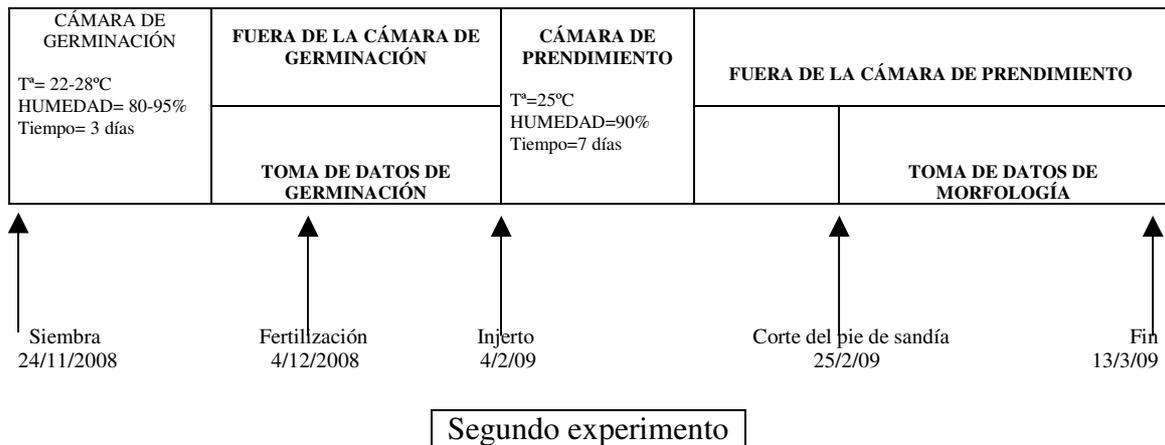


*Figura 71. Detalle del corte de la sandía por la base del tallo*

A continuación se detalla, a modo de resumen, el periodo transcurrido en cada una de las fases, desde la propia siembra hasta el fin del ensayo, en cada uno de los experimentos. Además también quedan reflejados los datos de temperatura y humedad ambiental que hubo en las cámaras de germinación y de prendimiento.



Efecto de diferentes tipos y dosis de compost sobre la germinación, crecimiento y calidad de plántulas de sandía injertada, bajo semillero industrial especializado.



### 3.4. Parámetros de medida en campo

#### 3.4.1. Porcentaje de germinación

El criterio seguido para determinar el % de germinación fue el de hacer conteos periódicos a toda la población, diferenciando tres niveles distintos en la germinación:

- ◆ 1° estadio: nascencia
- ◆ 2° estadio: plántula con los cotiledones sin abrir.
- ◆ 3° estadio: plántula con los cotiledones expandidos.



Figura 72. Detalle del primer, segundo y tercer estadio, respectivamente.

En el primer experimento los conteos tuvieron lugar los días los días 8, 10, 12, 14, 16, 18, 21 y 23 después de siembra y, en el segundo experimento los días 7, 9, 12, 14, 16, 19, 21, 23 y 25 después de la siembra.

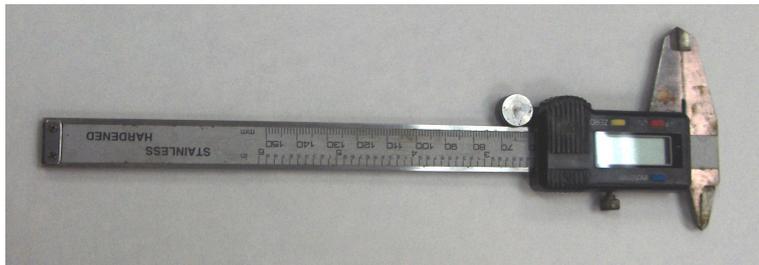
#### 3.4.2. Parámetros morfológicos

Se tomaron medidas periódicas del diámetro del tallo de la calabaza y de la sandía, longitud del tallo hasta la primera hoja verdadera de la sandía, longitud del tallo total de planta y número de hojas. Éstas medidas se hicieron sobre 16 plantas de cada bandeja

elegidas al azar y evitando el efecto borde. Por lo tanto, se midieron 32 plantas, por cada tratamiento y de cada uno de los experimentos.

En el primer experimento, las medidas se tomaron los días 68, 72, 76 y 80 después de siembra, mientras que en el segundo experimento fueron los días 69, 73, 76 y 79. El seguimiento se realizó siempre a las mismas plantas elegidas el primer día de toma de datos, a excepción de aquellas que debido a su muerte eran sustituidas por otras.

Para medir el diámetro del tallo se utilizó un calibre digital modelo *Stainless Hardened* de 0.1 mm de precisión. El diámetro de la calabaza se tomaba siempre por debajo del callo del injerto y el diámetro de la sandía entre los cotiledones y la primera hoja verdadera.



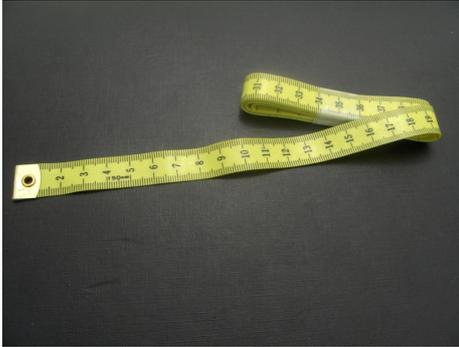
*Figura 73. Detalle del calibre digital.*



*Figura 74. Detalle de la medida del diámetro.*

La longitud del tallo, fue medida con una cinta métrica convencional de sensibilidad 1 mm. Se tomaron dos longitudes, una longitud total de planta desde la base de la planta (punto de inserción de la misma en el cepellón) hasta el ápice de crecimiento y una segunda longitud hasta la primera hoja verdadera de la sandía.

También se estudio como parámetro morfológico el coeficiente de ahilamiento, expresado en porcentaje, que relaciona la longitud total de la planta con el diámetro del tallo de la calabaza.



*Figura 75. Detalle de la cinta métrica.*



*Figura 76. Detalle de la medida de la altura de la planta.*

El conteo de número de hojas se hizo sobre hojas verdaderas es decir, comenzaron a contarse las hojas que crecieron a partir de los cotiledones.

### **3.4.3. Selección y transporte**

Una vez que las plántulas alcanzaron el tamaño comercial, se seleccionaron las plántulas que se iban a llevar a laboratorio, para hacerles los últimos análisis.

Las plantas escogidas, fueron aquellas a las que periódicamente se les había realizado el seguimiento de los parámetros morfológicos. Es decir, se cogieron 16 plantas por bandeja, lo que supone 32 plantas de cada tratamiento.

Para el transporte de las mismas, se utilizaron varias bandejas de poliestireno expandido de 54 alvéolos.

### **3.5. Fase de laboratorio**

En la fase de laboratorio, se trabajó sobre planta final realizando medidas de biomasa total.

### 3.5.1. Parámetros de medida en planta final

Los parámetros morfológicos medidos fueron:

- ♦ Masa seca de la raíz, tallo y hojas.
- ♦ Área foliar.

### 3.5.2. Preparación de las muestras

Una vez en el laboratorio, se procedió a la destrucción del material vegetal. Con ayuda de unas tijeras y/o un cúter separamos cuidadosamente las hojas del tallo, y el tallo del cepellón de la planta, eliminando los cotiledones de la calabaza y de la sandía.



*Figura 77. Detalle de la división de la planta.*

Posteriormente, se lavaron las raíces para eliminar todo el sustrato. Esta operación se realizó con sumo cuidado, para conservar la máxima cantidad de raíces, al eliminar los grumos de substratos adheridos a ellas. A continuación, se retiró el exceso de humedad de las raíces con papel de filtro dejando secar unos 20 minutos.



*Figura 78. Detalle de la limpieza y lavado de raíces.*



*Figura 79. Detalle de una planta dividida.*

### **3.5.3. Secado de las muestras**

Cada una de las plantas, con su raíz, tallo y hojas respectivas, se envolvieron en papel de periódico, y señalando el tratamiento al que pertenecían se introdujeron en la estufa a una temperatura de 80 °C durante 48 horas para el secado de las muestras.



*Figura 80. Detalle de la estufa.*

### **3.5.4. Obtención de la biomasa total**

Tras el secado con la ayuda de la balanza de precisión, se pesaron por separado las hojas, tallo y raíces de cada planta del ensayo. Para ello se utilizó una balanza de precisión modelo Metter Toledo AB54-S, cuya sensibilidad es de 0,0001 gramos.



*Figura 81. Detalle de la balanza.*

La biomasa de hojas, tallo y raíces permiten obtener:

- ♦ El peso de biomasa total de cada planta, como la suma de hojas, tallo y raíces de cada planta.
- ♦ El porcentaje de hojas respecto de la biomasa total:  $\text{peso seco de las hojas} / \text{peso seco total de planta}$ .
- ♦ El porcentaje de tallo respecto de la biomasa total:  $\text{peso seco del tallo} / \text{peso seco total de planta}$ .
- ♦ El porcentaje de raíz respecto de la biomasa total:  $\text{peso seco de las raíces} / \text{peso seco total de planta}$ .

### **3.5.5. Medida del área foliar**

Tras el pesado de cada planta, se procedió al escaneado de las hojas de cada planta por separado, de manera que se obtuvo una imagen en escala real de cada hoja.



*Figura 82. Detalle del escaneado de hojas.*

A continuación, con ayuda del programa informático PHOTOSHOP CS3 EXTENDED, se midió el área foliar de cada planta.

### 3.6. Análisis estadístico

Todos los datos se sometieron a un análisis de la varianza ( $p < 0,05$ ) y al test de mínimas diferencias significativas, con la ayuda del paquete estadístico STATGRAPHICS Plus 4.0 para Windows.

Análisis de la varianza. Este análisis se ha realizado por medio de la tabla ANOVA, la cual descompone la variabilidad de los diferentes factores dentro de contribuciones esperadas a varios factores. En este análisis, la contribución de cada factor, ha sido medida habiendo eliminado los efectos de los demás factores. Los valores “p” que aparecen en las tablas muestran la insignificancia estadística de cada uno de ellos, de manera que cuando los valores “p” son menores de 0’05, tienen un efecto estadísticamente significativo para el parámetro tratado a un nivel de confianza del 95 %.

Test de rangos múltiples. Se ha empleado en los análisis estadísticos el test Tukey como método para discriminar entre las medias. En las tablas obtenidas se aplican comparaciones múltiples para determinar qué medias son significativamente diferentes de otras. El cálculo de los valores medios para cada nivel (o grupo de niveles) se ha realizado en función de la pertenencia de cada nivel a un grupo homogéneo o a la intersección entre varios grupos.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Efecto de la mezcla de sustratos sobre la evolución de la emergencia y el ratio de emergencia de plántulas

Varios autores han demostrado que los efectos de la salinidad en el porcentaje final y la velocidad de germinación de las semillas hortícolas se encuentran estrechamente relacionados a las concentraciones de sales en el medio de siembra, como también de la variedad y la especie de que se trate. El tiempo en que tardan en germinar también se prolonga (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999; El-Habbasha *et al.* 1996; Singer-SM, 1994).

En la tabla 22 podemos observar el efecto producido, de la mezcla de sustratos para semillero, sobre la emergencia acumulada y el ratio de emergencia en plántulas de sandía, según los diferentes tratamientos (Anova 1) y según los compost, conductividad eléctrica inicial e interacción compost-CE<sub>i</sub> (Anova 2). En todos los casos aparecen diferencias significativas sobre dichos parámetros, a excepción de la interacción entre compost y CE<sub>i</sub>.

**Tabla 22: Efecto de la mezcla de sustratos para semillero a diferentes CE iniciales (CE<sub>i</sub>) sobre la emergencia acumulada y el ratio de emergencia en plántulas de sandía.**

ANOVA 1 <sup>a</sup>		Tratamientos										Signif.
Parámetros	T	SS	A2.5	A3.5	A4.5	O2.5	O3.5	O4.5	U2.5	U3.5	U4.5	
Emergencia <sup>a</sup>	95,1a	96,8a	95,8a	93,4ab	83,3c	92,8ab	83,3c	70,7d	90,1abc	86,8bc	74,1d	***
Ratio de emergencia <sup>a</sup>	4,13a	4,21a	4,17a	4,05ab	3,62c	4,03ab	3,61c	3,07d	3,91abc	3,78bc	3,22d	***

ANOVA 2 <sup>b</sup>		Compost			CE <sub>i</sub> (dS · m <sup>-1</sup> )			Compost X CE	
Parámetros	A	O	U	Signif.	2.5	3.5	4.5		Signif.
Emergencia <sup>b</sup>	90,82a	82,23b	83,68b	**	92,90a	87,82b	76,02c	***	ns
Ratio de emergencia <sup>b</sup>	3,95a	3,58b	3,63b	**	4,04a	3,82b	3,31c	***	ns

A: compost de restos vegetales, O: compost de Orujo de vid, y U: compost de restos Urbanos. 2'5, 3'5, y 4'5 indica valores Conductividad Eléctrica inicial (CE<sub>i</sub>) del extracto saturado de los compost (dS·m<sup>-1</sup>).

Anova para los composts y las CE<sub>i</sub> sin considerar los testigos según el modelo  $Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \tau_k + \gamma_l + \epsilon_{ijkl}$ ; ns = no significativo; \*, \*\*, \*\*\*  $P \leq 0.05, 0.01, y 0.001$  respectivamente. Valores numéricos seguidos de distinta letra denotan significación estadística para  $P < 0.05$  según el Test LSD.

En el Anova 1, en cuanto a la emergencia se refiere, los tratamientos que se comportaron significativamente iguales fueron la Turba, SS, A2'5, A3'5, O2'5, O3'5 y U2'5, con valores de emergencia que superaron el 90% (ver figura 83).

Si consideramos la comparativa entre compost vs CE<sub>i</sub> (Anova 2) apreciamos que el RSA mostró diferencias con respecto al resto y el RSU y Orujo de vid se comportaron de modo similar. Además, al considerar la CE<sub>i</sub> independiente del tipo de compost, se producen diferencias entre 2,5' 3,5' y 4'5 dS·m<sup>-1</sup> siendo mayor la emergencia a medida que se disminuía la CE<sub>i</sub> (ver figuras 84 y 85).

A modo general, según los resultados mostrados en la tabla 24 se demuestra que la elevada C.E. inicial de los compost redujo la velocidad de germinación de la sandía, acentuándose de forma significativa dicho retraso con el aumento de la proporción de compost. No obstante, la germinación final sólo se afectó significativamente por el uso del compost en aquellos casos en que la CE<sub>i</sub> era superior a 2'5 dS·m<sup>-1</sup>, aunque el efecto inhibitorio de la germinación producido por la CE no afecta por igual a todos los

compost, como se demuestra con las diferencias entre compost, CE y la presencia de interacción entre factores. Estas conclusiones pueden verse más gráficamente en las figuras 83, 84 y 85. Estos resultados son coincidentes con los realizados por otros autores, como por ejemplo los trabajos realizados con compost en trigo, espinaca, maíz, lenteja y tomate por Bigeriego et al. (1997), los cuales mostraron una ligera reducción de la germinación y emergencia de las semillas, siendo mayor al aumentar la dosis del compost como consecuencia del efecto inhibitor asociado a la mayor conductividad eléctrica.

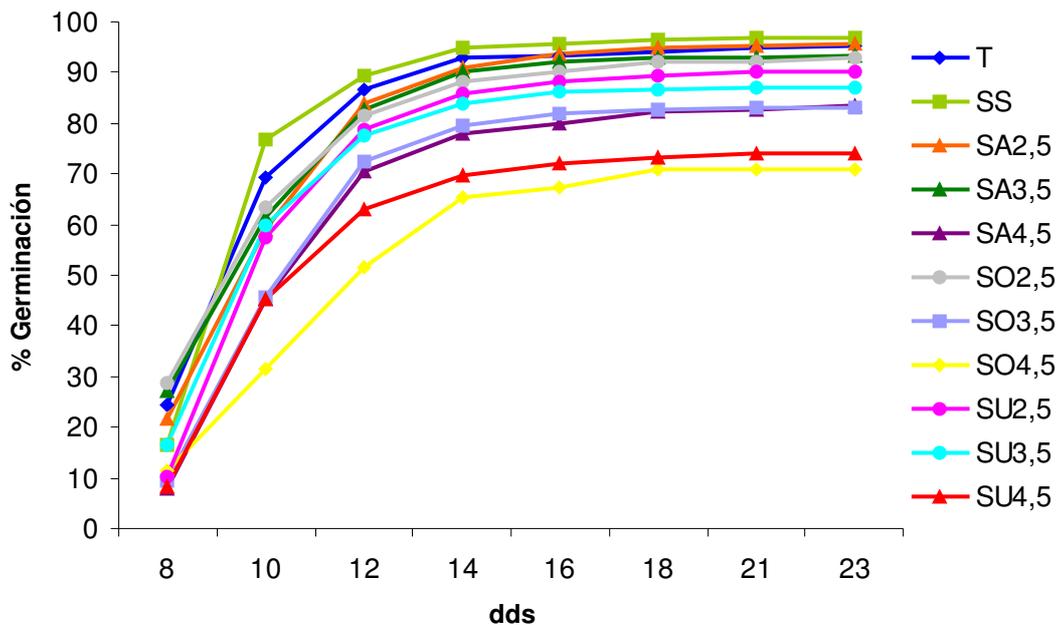


Figura 83: Evolución de la germinación de los diferentes tratamientos a lo largo del tiempo

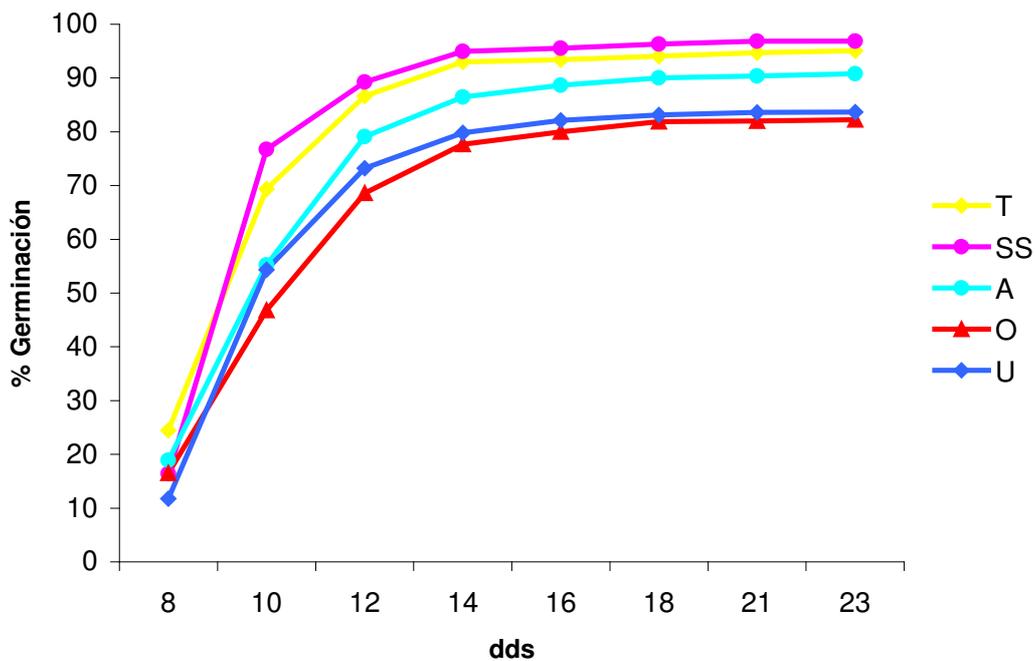


Figura 84: Evolución de la germinación en función de los compost a lo largo del tiempo

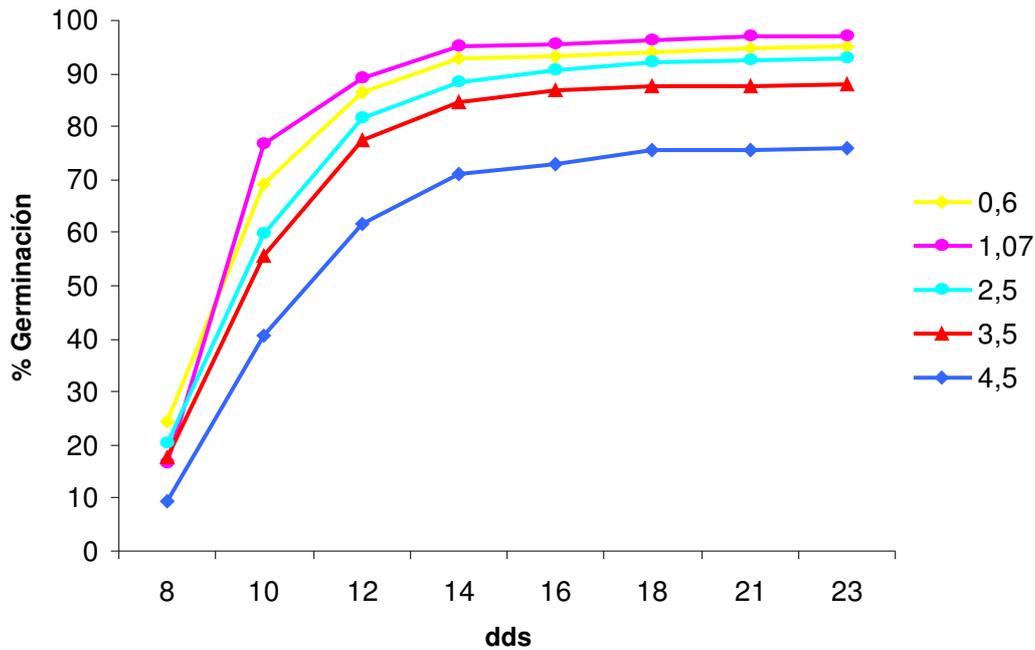


Figura 85: Evolución de la germinación de las diferentes CE iniciales a lo largo del tiempo.

## 1.1 4.2. Propiedades químicas (pH y CE) de los sustratos

### 4.2.1. Conductividad eléctrica final e incremento de la conductividad según los tratamientos.

En la tabla 23 y en la figura 86 podemos observar el cambio en la conductividad eléctrica en cada uno de los diferentes tratamientos una vez que se ha desarrollado la plántula sobre los mismos.

Tabla 23: CE final, pH inicial y final así como los incrementos de CE y pH según los diferentes tratamientos.

	TRATAMIENTOS											
	T 0,6	SS 1,07	A 2.5	A 3.5	A 4.5	O 2.5	O 3.5	O 4.5	U 2.5	U 3.5	U 4.5	Signif.
CE <sub>f</sub>	3,27e	2,88e	5,58cd	5,58cd	5,46cd	4,93d	5,33cd	6,05abc	5,73bcd	6,71a	6,59ab	***
ΔCE	2,67ab	1,81bcd	3,08a	2,08bc	0,96d	2,43abc	1,83bcd	1,55cd	3,23a	3,21a	2,09bc	***
pH <sub>i</sub>	6,34h	6,65e	6,46g	6,68e	6,54f	6,92d	6,93cd	7,02b	6,98bc	7,02b	7,28a	***
pH <sub>f</sub>	6,53g	6,67defg	6,57fg	6,58efg	6,68def	6,72de	6,75d	6,99c	7,02c	7,18b	7,36a	***
ΔpH	0,19a	0,02bcd	0,11ab	-0,10de	0,14ab	-0,20e	-0,18e	-0,04cd	0,04bcd	0,16ab	0,08abc	***

n.s., \*, \*\*, \*\*\* No significativo o significativo para  $P_v \leq 0.05$ , 0.01 o 0.001, respectivamente. Test de rangos mediante el método Turkey. Valores numéricos seguidos de distinta letra significación estadística al 95%.

Por un lado, en cuanto a la conductividad eléctrica final (CE<sub>f</sub>), se aprecia que en todos los tratamientos dicha conductividad es siempre superior a la de origen, como consecuencia del enriquecimiento nutricional que han llevado durante el transcurso del ensayo.

Ello no implica que se mantengan diferencias significativas entre algunos tratamientos. Cabe destacar que los testigos, turba y sustrato de semillero, presentan los menores valores de  $CE_f$  ( $3,27 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  y  $2,88 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  respectivamente) manteniendo diferencias significativas con el resto. Los tratamientos U3.5, U4.5 y O4.5 son aquellos que han arrojado mayores valores de  $CE_f$ , con  $6,71 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ,  $6,59 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  y  $6,05 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  respectivamente.

También cabe citar que en cuanto al sustrato agrícola, independientemente de la  $CE_i$ , no presenta diferencias significativas entre ellos en la  $CE_f$ .

Si hablamos del incremento de conductividad eléctrica ( $\Delta CE$ ) observamos que en todos los tratamientos estudiados el incremento fue positivo, es decir, que la conductividad eléctrica final fue mayor que la inicial (figura 86). Además, se observa que conforme aumenta la  $CE_i$  de los tres compost disminuye el incremento de susodicha.

Entre determinados tratamientos se observan diferencias significativas, arrojando los mayores  $\Delta CE$  el U2.5 con  $3,23 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , el U3.5 con  $3,21 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  y el A2.5 con  $3,08 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ . Por el contrario, el A4.5 genera los menores incrementos de conductividad con  $0,96 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ .

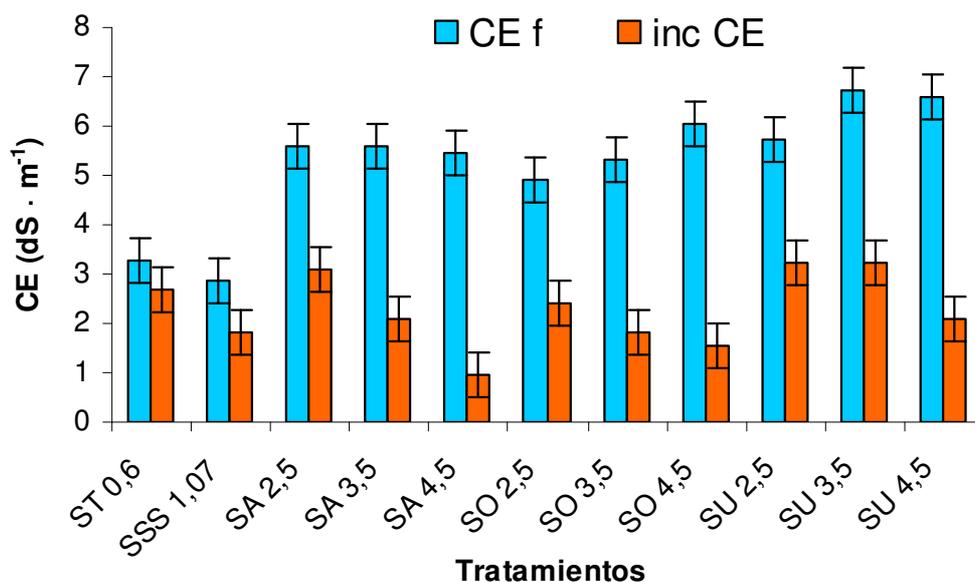


Figura 86. Valores de conductividad eléctrica final ( $CE_f$ ) e incremento de conductividad eléctrica ( $\Delta CE$ ) según los diferentes tratamientos.

#### 4.2.2. Medidas de pH según los tratamientos

En la tabla 23 y figura 87 se presentan los resultados obtenidos en lo que a pH inicial y final se refiere.

El pH inicial mostró diferencias significativas entre ciertos tratamientos siendo el valor más alto para el U4.5 (7,28) y el más bajo para la turba (6,34), diferenciándose

ambos del resto. El tratamiento que presentó el  $pH_i$  más afín al que se emplea como sustrato de semillero ha sido el agrícola a conductividad  $3.5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ .

Dentro de cada uno de los sustratos parece observarse que conforme se aumenta la conductividad eléctrica inicial va aumentando el  $pH_i$ , a excepción del A4.5

De igual manera, el pH final mostró también diferencias significativas entre determinados tratamientos siendo, de nuevo, el valor más alto el alcanzado por U4.5 (7,36) y el más bajo para la turba (6,53). Los tratamientos que han mostrado un comportamiento similar del  $pH_f$  respecto al sustrato de semillero han sido los agrícolas, O2.5, O3.5 y la turba.

En el caso del incremento de pH que se ha producido en los sustratos a lo largo del cultivo de las plántulas (tabla 23 y figura 88) decir que aparecen diferencias significativas entre algunos de ellos siendo el valor más alto el alcanzado por el O2.5 (-0,20) y el menor para el SS (0,02).

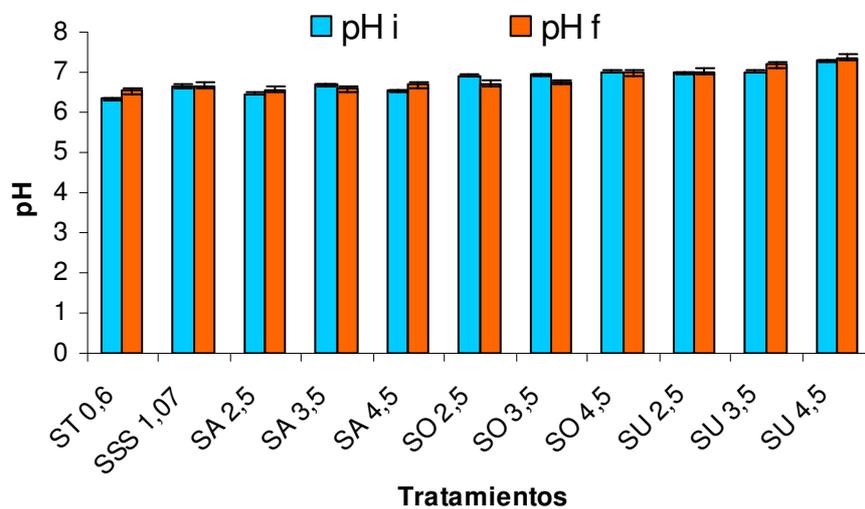


Figura 87: Variación de pH inicial y final en función de los distintos tratamientos.

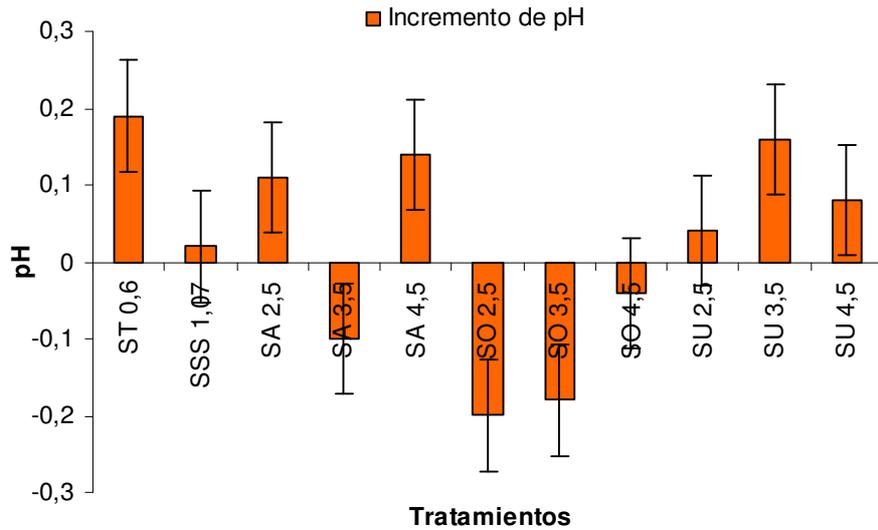


Figura 88: Incremento del pH de los diferentes tratamientos

#### 4.2.3. Estudio de los parámetros químicos (ph y CE) de los sustratos en función de la conductividad eléctrica inicial.

En la tabla 24 podemos ver como varían los diferentes parámetros químicos del sustrato en función de la conductividad eléctrica inicial.

Tabla 24: CE final, pH inicial y final así como los incrementos de CE y pH según la CE inicial.

	CE					
	0,6	1,07	2,5	3,5	4,5	Signif.
CE <sub>f</sub>	3,27b	2,88b	5,41a	5,87a	6,03a	* * *
ΔCE	2,67ab	1,81bc	2,91a	2,37ab	1,53c	* *
pH <sub>i</sub>	6,34c	6,65bc	6,79ab	6,88ab	6,95a	* *
pH <sub>f</sub>	6,53b	6,67b	6,77b	6,84ab	7,01a	*
ΔpH	0,19 <sup>a</sup>	0,02a	-0,02a	-0,04a	0,06a	Ns

n.s., \*, \*\*, \*\*\* No significativo o significativo para  $P_{\leq 0.05}$ , 0.01 o 0.001, respectivamente. Test de rangos mediante el método Turkey. Valores numéricos seguidos de distinta letra significación estadística al 95%.

La conductividad eléctrica final (figura 89) mostró diferencias significativas entre los sustratos testigo (semillero y turba) y los compost de ensayo, sobre las distintas CE iniciales. Los valores más altos de conductividad final fueron los alcanzados por la CE 4,5 (6,03  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ), seguido del 3,5 con 5,87  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  y del 2,5 con 5,41  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ . Los valores más bajos de conductividad son 2,88  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  y 3,27  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  correspondientes al

sustrato de semillero y turba respectivamente. En la figura 90 hemos realizado un ajuste lineal de nuestros datos.

En el caso del incremento de la conductividad eléctrica que se producen en los sustratos una vez se cultiva sobre ellos (figura 89 y tabla 24) aparecen diferencias significativas. Los valores más altos son los alcanzados por la conductividad 2,5 con incrementos de  $2,91 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  siguiéndole la turba y la CE 3,5 con  $2,67 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  y  $2,37 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  respectivamente. En la figura 91 podemos ver el ajuste lineal de nuestros datos.

El pH inicial (figura 92 y tabla 24) de las distintas conductividades muestra diferencias significativas de la turba (0,6) y el sustrato de semillero (1,07) con el resto de conductividades. Se ajusta según la recta representada en la figura 93.

El pH final (figura 92 y tabla 24) muestra diferencias significativas de la CE 4,5 (7,01) con los sustratos de semillero y la CE 2,5. La recta presenta un buen ajuste lineal como muestra la figura 94.

El incremento del pH (figura 95 y tabla 24) vemos que no aparecen diferencias significativas entre las diferentes conductividades de ensayo. En la figura 96 podemos ver el ajuste lineal de nuestros datos.

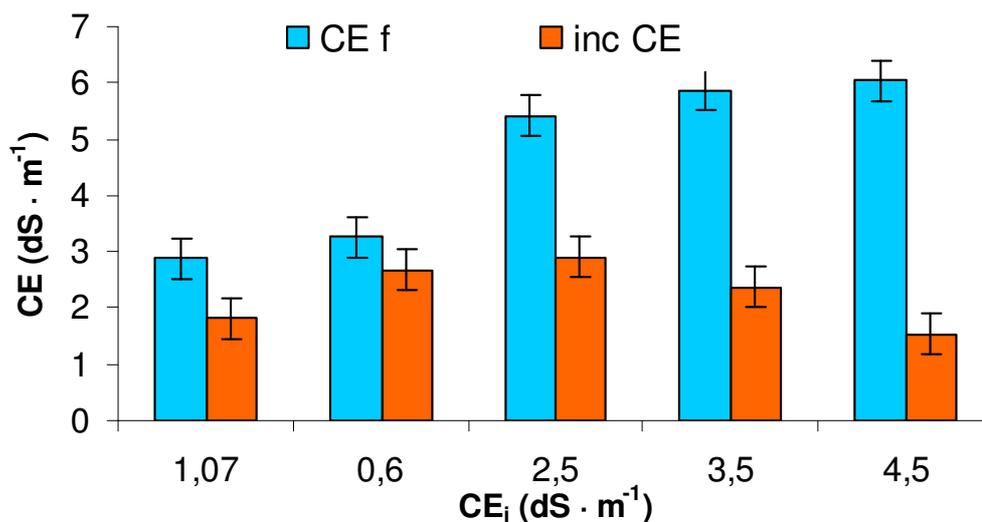


Figura 89: Conductividad eléctrica final e incremento de la misma en función de la conductividad eléctrica inicial

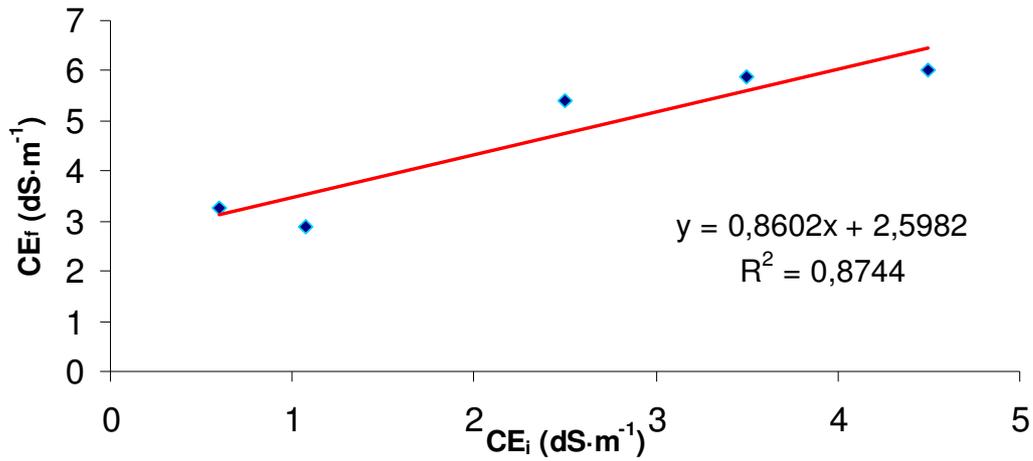


Figura 90: Comportamiento de la CE medida al final del periodo de crecimiento de las plántulas según la CE inicial de las diferentes mezclas de sustratos

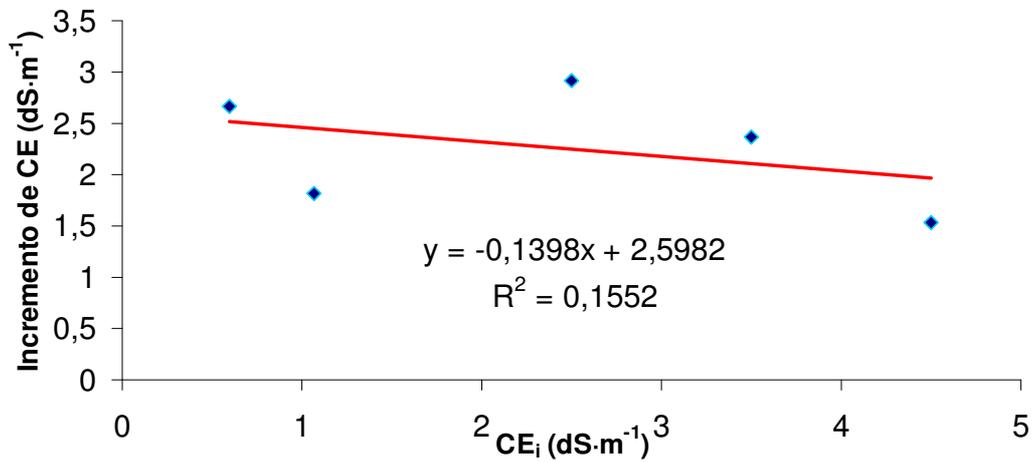


Figura 91: Comportamiento del incremento de la CE ( $CE_f - CE_i$ ) en función de la CE inicial de las diferentes mezclas de sustratos

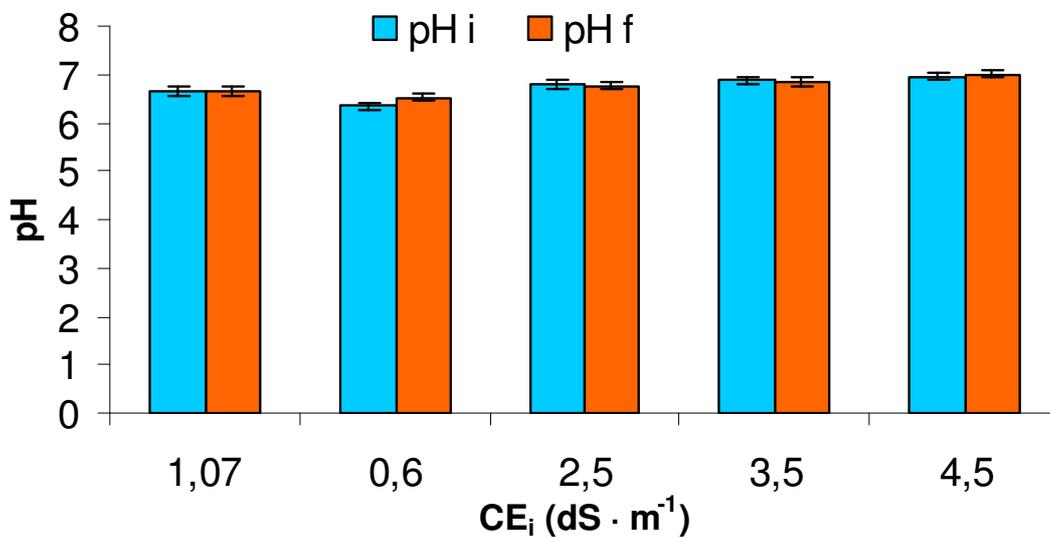


Figura 92: Valores de pH inicial y final en función de la CE inicial

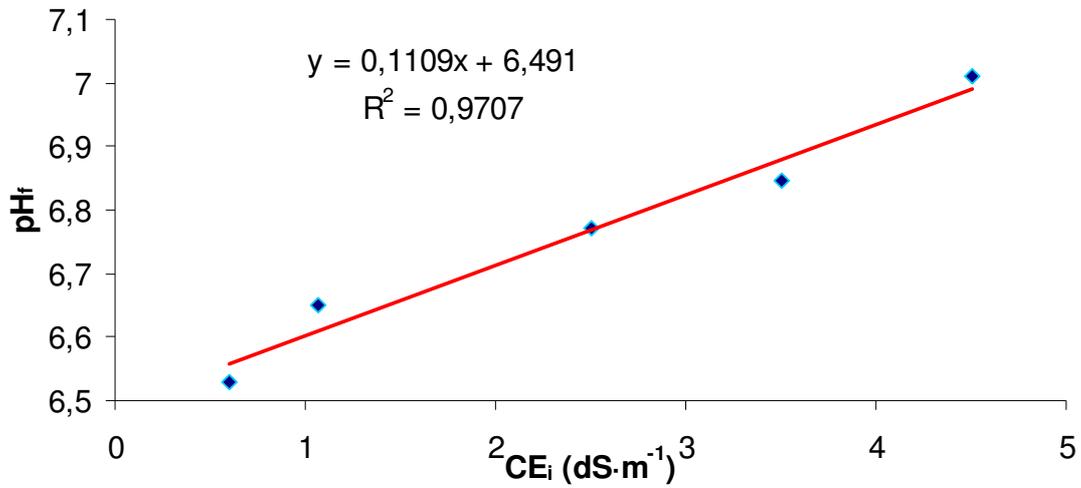


Figura 93: Variación del pH final en función de la CE inicial

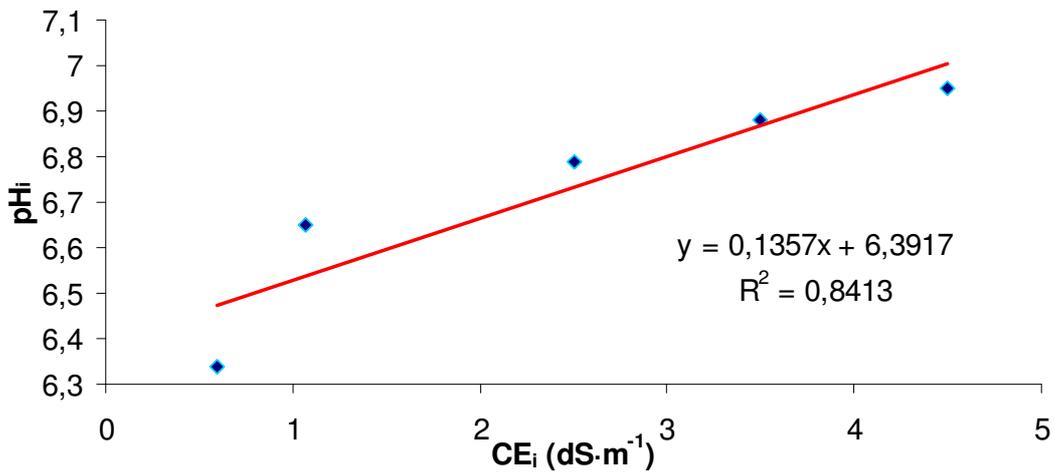


Figura 94: Variación del pH inicial en función de la CE inicial de los sustratos

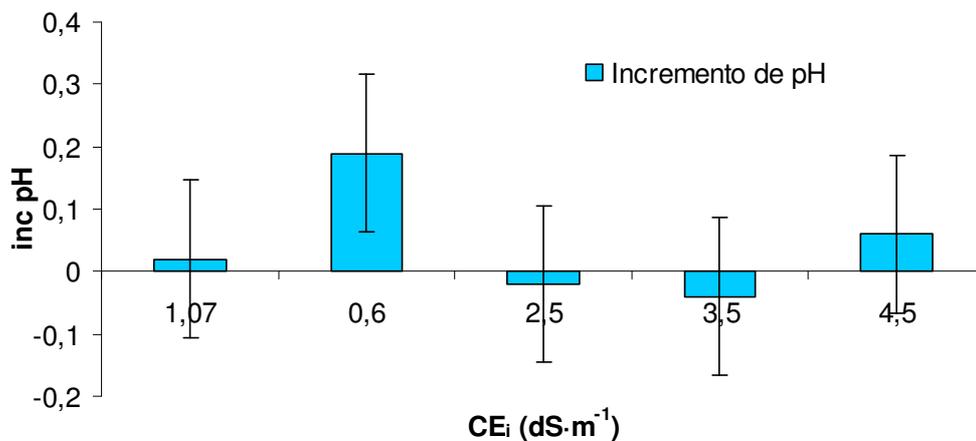


Figura 95: Valores del incremento de pH en función de la CE inicial

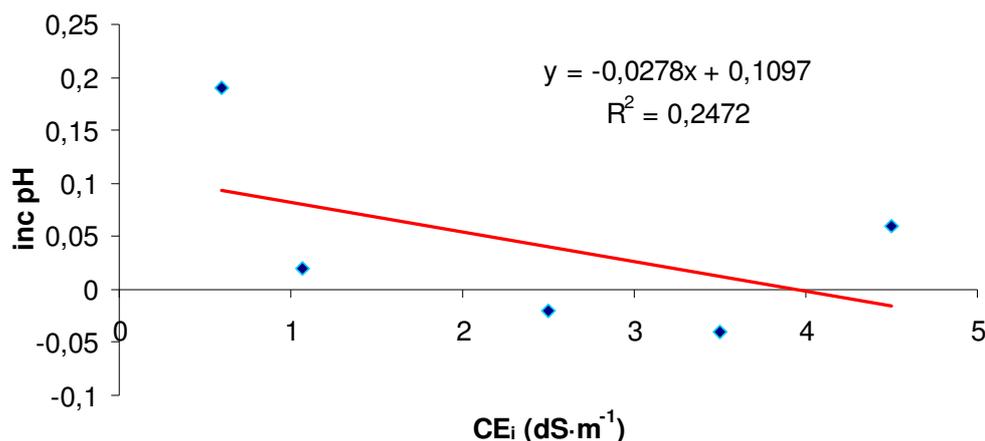


Figura 96: Variación del incremento de pH en función de la CE inicial

### 4.3. Efecto de la mezcla de sustratos sobre la morfología de plántula

El pH y la CE de los compost influyen directamente en la calidad final de las plántulas de tomate en semillero (Castillo et al., 2004; Herrera et al., 2008 y Ribeiro et al., 2007). La longitud, diámetro y longitud/diámetro de plántula de sandía evaluados en nuestros experimentos se afectó de forma significativa por algunas de las mezclas de sustratos empleadas en nuestros experimentos.

Tabla 25. Efecto de la mezcla de sustratos para semillero a diferentes CE inicial (CE<sub>i</sub>) sobre la morfología de plántulas de sandía.

ANOVA 1 <sup>a</sup>		Tratamientos										Signif.
Parámetros	T	SS	A2.5	A3.5	A4.5	O2.5	O3.5	O4.5	U2.5	U3.5	U4.5	
Diámetro <sup>a</sup>	5,52bcd	5,60bcd	5,71b	5,44cd	5,40d	6,36a	6,28a	5,73b	5,68bc	5,56bcd	5,65bcd	***
Altura <sup>a</sup>	23,8b	27,7a	23,9b	19,0d	13,9ef	23,6b	19,8d	13,2f	28,9a	22,1c	15,0e	***
Altura/Diámetro <sup>a</sup>	43,5b	50,6a	41,9bc	34,9e	25,8g	37,5de	31,2f	22,6h	50,5a	39,4cd	26,8g	***

ANOVA 2 <sup>b</sup>		Compost				CE <sub>i</sub> (dS · m <sup>-1</sup> )			Compost X CE
Parámetros	A	O	U	Signif.	2.5	3.5	4.5	Signif.	
Diámetro <sup>b</sup>	5,52b	6,12a	5,63b	***	5,92a	5,76b	5,60c	***	**
Altura <sup>b</sup>	18,9b	19,0b	22,0a	***	25,1a	20,8a	14,1b	***	***
Altura/Diámetro <sup>b</sup>	34,2b	30,9c	38,9a	***	43,3a	35,2b	25,2c	***	*

n.s., \*, \*\*, \*\*\* No significativo o significativo para  $P_i \leq 0,05$ , 0,01 o 0,001, respectivamente. Test de rangos mediante el método Turkey. Valores numéricos seguidos de distinta letra significación estadística al 95%.

Uno de los parámetros de morfología de plántula evaluado fue el diámetro de tallo, cuyos resultados obtenidos vienen reflejados en la tabla 25.

En el Anova 1 de dicha tabla, se muestran los estudios que se han llevado a cabo en cada uno de los tratamientos. Los diámetros del O2,5 y O3,5 con 6,36 y 6,28 mm fueron las mezclas que significativamente arrojaron mayor diámetro con respecto al resto de tratamientos que se mostraron con un comportamiento similar (ver figura 97).

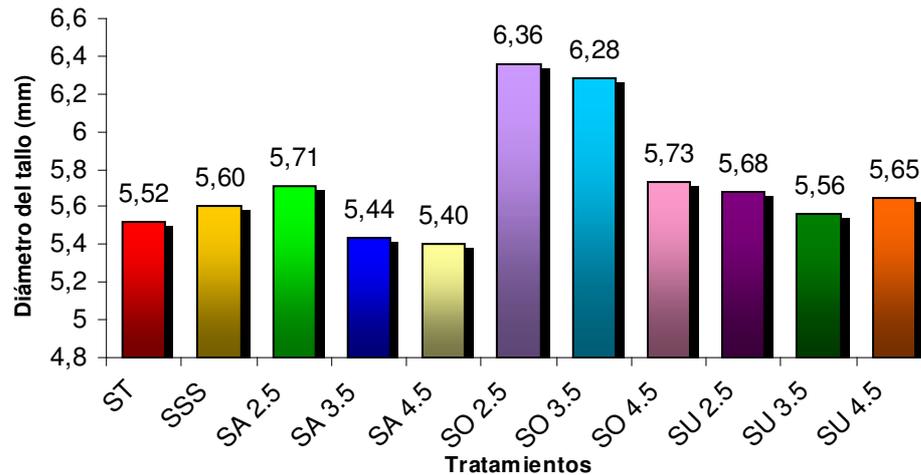


Figura 97. Efecto de la combinación de diferentes compost a distintas dosis sobre el diámetro de tallo (mm) en plántulas de sandía injertada.

El análisis factorial del diámetro se muestra en la Anova 2. La sandía injertada mostró diferencias significativas entre algunos de los compost. El compost que arrojó mayor diámetro fue el orujo de vid (O) con 6,12 mm (ver figura 98).

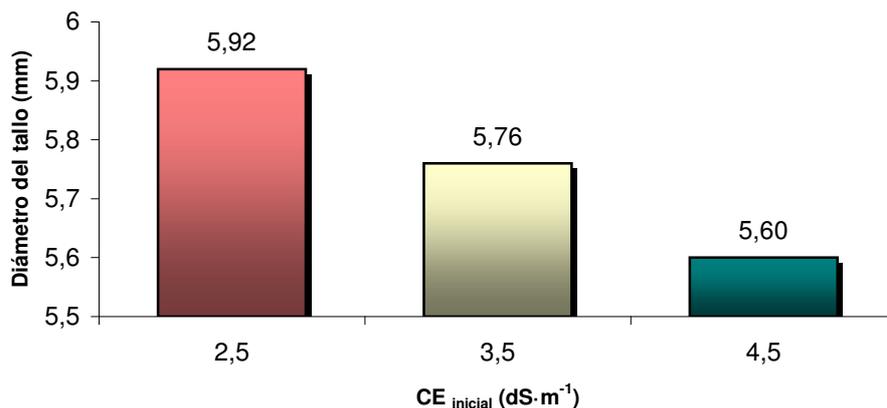


Figura 98. Efecto del tipo de compost sobre el diámetro de tallo (mm) en plántulas de sandía injertada.

El efecto asociado a la  $CE_i$  independientemente del tipo de compost que la produce se muestra en la Anova 2. Se mostraron diferencias significativas, siendo los mayores diámetros asociados a la menor  $CE_i$  inicial y este valor fue reduciéndose a medida que la  $CE_i$  aumentaba (ver figura 99). Por tanto, el diámetro de tallo para plántulas de sandía injertada se reduce al incrementar la salinidad en la mezcla de sustratos con compost, coincidiendo que lo indicado por Castillo et al., 2004; Herrera et al., 2008, Herrera et al., 2009 y Romero-Aranda et al., 2001 en cultivos de tomate y melón. Las conductividades límite a partir del cual el diámetro se ve reducido son a 2,5  $dS \cdot m^{-1}$ .

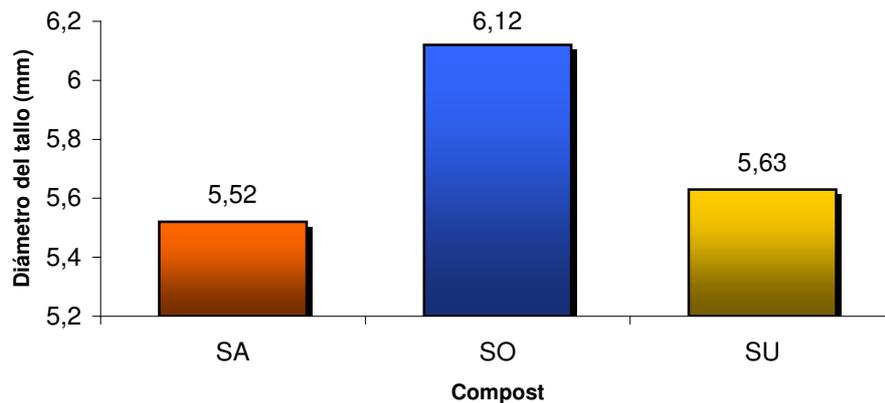


Figura 99. Efecto de diferentes dosis de compost sobre el diámetro del tallo (mm) en plántulas de sandía injertada.

Otro de los parámetros de morfología evaluado fue la longitud total de plántula mostrándose los resultados en la tabla 25. Podemos observar como, pese a existir diferencias significativas, el comportamiento de las distintas mezclas no siguió el mismo patrón de comportamiento. Los experimentos que significativamente produjeron mayor altura de planta fueron U2,5 y SS con 28,9 y 27,7 cm respectivamente, seguidos de la Turba, A2,5 y O2,5; el resto de tratamientos mostraron de forma significativa una menor altura de planta respecto a los dos grupos anteriores (ver figura 100).

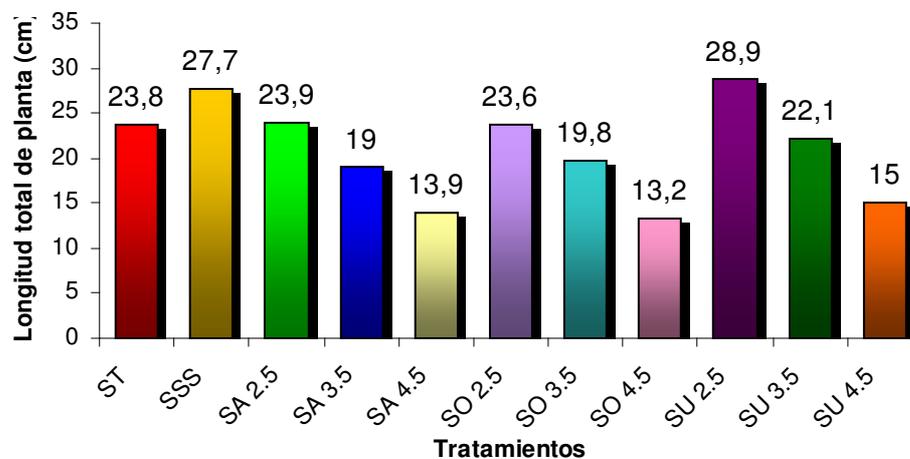


Figura 100. Efecto de la combinación de diferentes compost a distintas dosis sobre la longitud total de planta (cm) en plántulas de sandía injertada.

El análisis factorial de la altura de planta se muestra en la Anova 2. La sandía injertada mostró diferencias significativas entre algunos de los compost. El compost que arrojó mayor altura fue el RSU con 22 cm, presentando diferencias con los otros dos (ver figura 101).

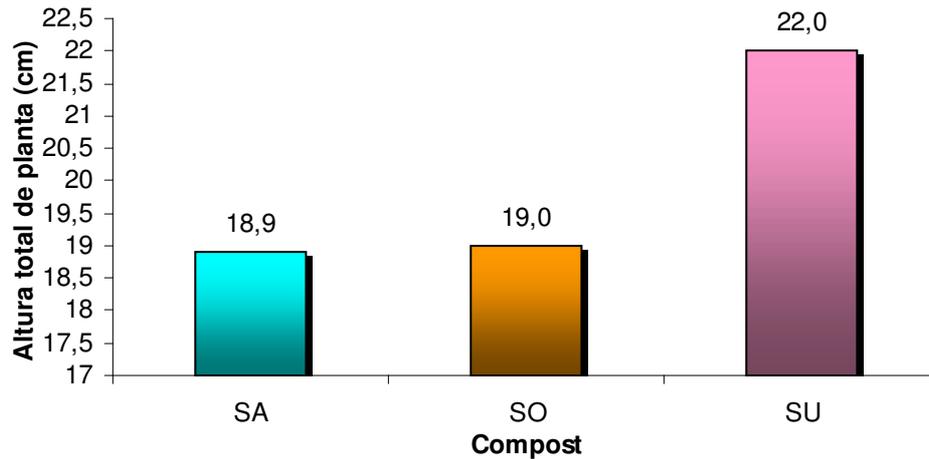


Figura 101. Efecto del tipo de compost sobre la altura total de planta (cm) en plántulas de sandía injertada.

En cuanto al análisis que relaciona los factores Compost vs CE, se observa que la CE, independientemente del tipo de compost que la produce, vemos que la mayor altura de plántulas de sandía fue producida por los valores de  $CE_i$  de 2,5 y 3,5  $dS \cdot m^{-1}$ ; mientras que para 4,5  $dS \cdot m^{-1}$  las plantas redujeron su tamaño (ver figura 102). Estos resultados son coincidentes con los reportados por otros autores, los cuales indican que la altura de las plantas de tomate (Castillo et al., 2004; Herrera et al., 2008 y Romero-Aranda et al., 2001) y melón (Herrera et al., 2009) reducen su crecimiento con el incremento de la salinidad provocado por la presencia de los compost en la mezcla de sustratos. Pero además, en nuestros resultados, se demuestra que la altura de las plantas de sandía injertada disminuye cuando la  $CE_i$  de la mezcla de sustrato con compost supera 3,5  $dS \cdot m^{-1}$ . Además, con la presencia de diferencias significativas entre compost y la interacción entre los factores ( $CE_i$  vs compost) mostrados en la Anova 2, también se demuestra que para igual  $CE_i$  de la mezcla, el tipo de compost afecta a la altura de la planta, como consecuencia de la presencia de otros factores físico-químicos que no han sido considerados en estos estudios.

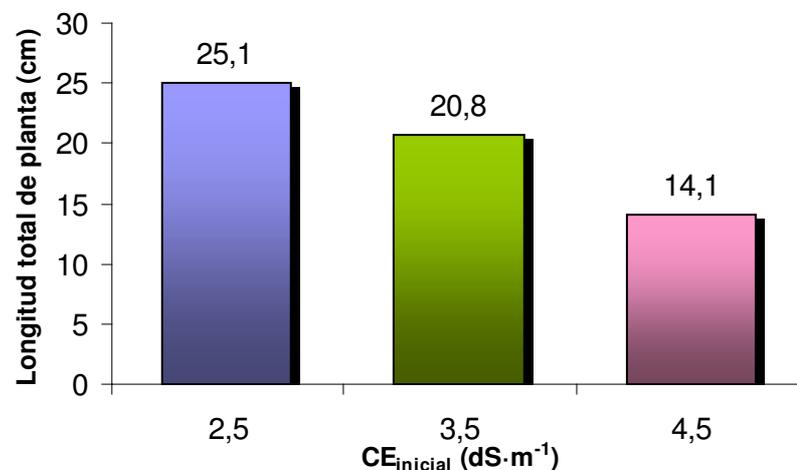


Figura 102. Efecto de diferentes dosis de compost sobre la altura total de planta (cm) en plántulas de sandía injertada.

El coeficiente de ahilamiento se obtuvo a partir de la altura y el diámetro de las plántulas de sandía injertada; y cuyos resultados se muestran en la tabla 25.

En la Anova 1, se muestran las comparativas entre todos los tratamientos evaluados. En estos resultados se observa la presencia de diferencias significativas entre algunas de las mezclas evaluadas. La mayor relación altura/diámetro fue para el sustrato de semillero y U2,5 (ver figura 103).

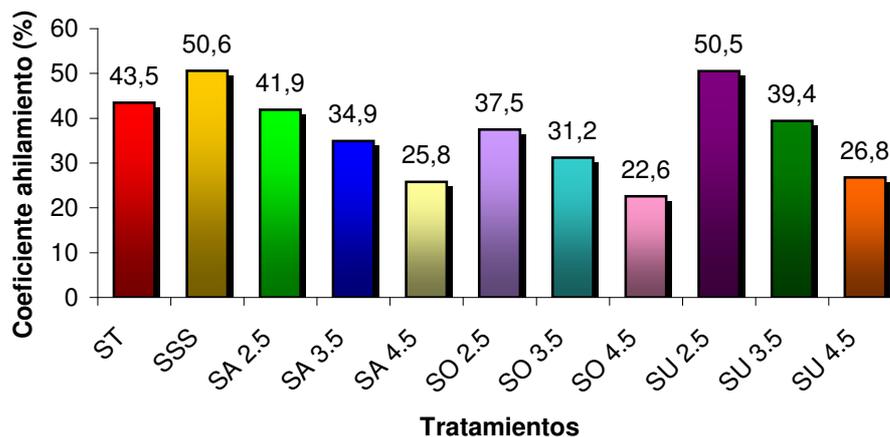


Figura 103. Efecto de la combinación de diferentes compost a distintas dosis sobre el coeficiente de ahilamiento (%) en plántulas de sandía injertada.

Por último en la Anova 2 se muestran el análisis factorial entre compost y CE<sub>i</sub> para la relación Altura/diámetro. Este estudio muestra que el compost que mayores valores de ahilamiento produjeron fueron el U (RSU) (ver figura 104).

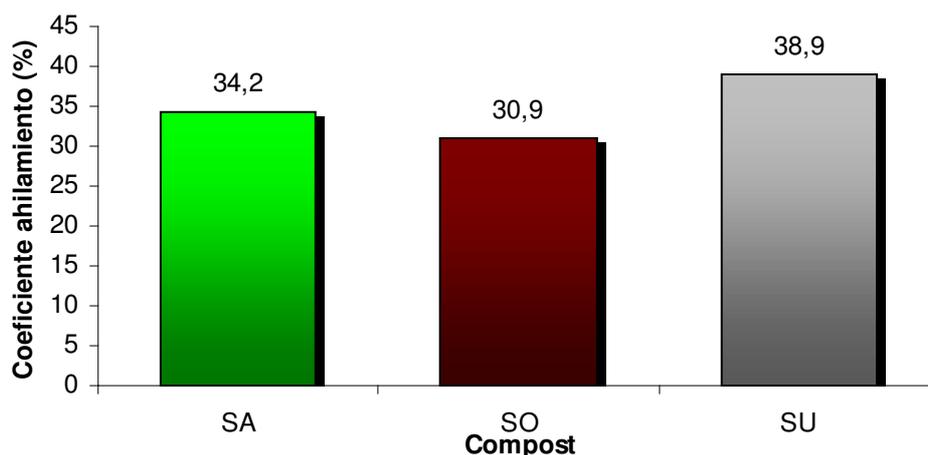


Figura 104. Efecto del tipo de compost sobre el coeficiente de ahilamiento (%) en plántulas de sandía injertada.

En el caso de la conductividad eléctrica inicial de la mezcla de sustratos, el mayor valor fue para 2,5  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , mostrando diferencias significativas entre todas ellas (ver figura 105). Por último, cabe destacar la presencia de interacción entre los factores CE<sub>i</sub> y compost, lo que indica que el coeficiente de ahilamiento para cada CE<sub>i</sub> no se

comporta de igual manera según el tipo de compost que aparezca en la mezcla, por tanto, hay otros factores físico-químicos no considerados en este trabajo, que están afectando a la altura y grosor de tallo.

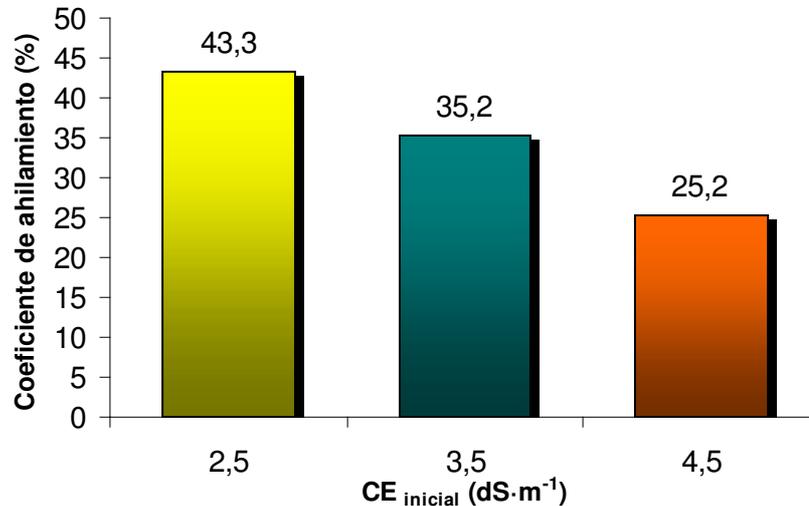


Figura 105. Efecto de diferentes dosis de compost sobre el coeficiente de ahilamiento (%) en plántulas de sandía injertada.

En síntesis, podemos decir que las diferencias en el crecimiento de las plántulas de sandía injertada evaluadas están claramente influenciadas por la salinidad del sustrato, coincidiendo con lo descrito por Castillo et al., (2004); Herrera et al., (2008) y Herrera et al., (2009). Además, el tipo de compost y la CE afectó significativamente la longitud y el diámetro de tallo, y por tanto al coeficiente de ahilamiento, coincidiendo con lo indicado por Romero-Aranda et al. (2001) en tomate. Por último, la presencia de diferencias en el tipo de compost y su interacción con la CE<sub>i</sub> ponen de manifiesto que la respuesta de las plántulas de sandía evaluadas no responde de igual para la CE<sub>i</sub> según sea un compost agrícola, de residuos Urbanos u Orujo de vid, lo que demuestra que hay otros factores asociado a cada tipo de compost, que afectan al crecimiento de las plantas cuando son producidas en semillero especializado.

#### 4.4. Efecto de la mezcla de sustratos sobre la masa seca de plántulas

Diferentes autores han descrito que la evaluación de la masa seca de planta es un indicativo de su capacidad de resistir el estrés postrasplante tal que a mayor es el contenido de materia seca, mayor es la resistencia al estrés (Hoyos, 1995; Kubo et al., 1991 y Tesi, 1991). La tabla 26 muestra los valores de masa seca de plántulas de sandía injertada según las diferentes mezclas de sustratos. En estos resultados se observa la existencia de diferencias significativas entre algunos de los tratamientos y para todas las variables de masa seca evaluadas (Anova 1).

Efecto de diferentes tipos y dosis de compost sobre la germinación, crecimiento y calidad de plántulas de sandía injertada, bajo semillero industrial especializado.

**Tabla 26. Efecto de la mezcla de sustratos para semillero a diferentes CE inicial (CE<sub>i</sub>) sobre la masa seca de plántulas de sandía.**

ANOVA 1 <sup>a</sup>		Tratamientos										Signif.
Parámetros	T	SS	A2.5	A3.5	A4.5	O2.5	O3.5	O4.5	U2.5	U3.5	U4.5	
Raíz <sup>a</sup>	94bcd	92bcd	89cd	86d	96bcd	102ab	107a	104ab	101abc	95bcd	95bcd	***
Tallo <sup>a</sup>	436b	518a	332de	277f	309ef	417bc	375cd	330de	358de	349de	329de	***
Hojas <sup>a</sup>	603abc	668a	533d	443f	463ef	627ab	526de	387f	562bcd	547cd	520de	***
Total <sup>a</sup>	1133bc	1279a	954de	806f	868ef	1146b	1008d	821f	1020cd	991de	944de	***

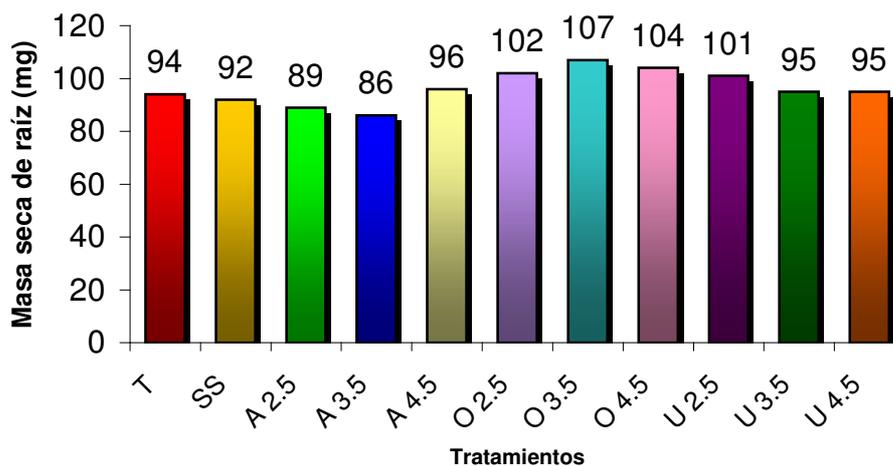
  

ANOVA 2 <sup>b</sup>		Compost			CE <sub>i</sub> (dS · m <sup>-1</sup> )			Compost X CE	
Parámetros	A	O	U	Signif.	2.5	3.5	4.5	Signif.	
Raíz <sup>b</sup>	91c	105a	97b	***	97a	96a	99a	ns	ns
Tallo <sup>b</sup>	306c	372a	345b	***	369a	334b	320b	***	*
Hojas <sup>b</sup>	480b	514ab	543a	**	574a	505b	458c	***	**
Total <sup>b</sup>	876b	991a	985a	***	1040a	935b	877b	***	*

A: compost de restos vegetales, O: compost de Orujo de vid, y U: compost de restos Urbanos. 2'5, 3'5, y 4'5 indica valores Conductividad Eléctrica inicial (CE<sub>i</sub>) del extracto saturado de los compost (dS·m<sup>-1</sup>).

Anova para los composts y las CE<sub>i</sub> sin considerar los testigos según el modelo  $Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \tau_k + \gamma_l + \epsilon_{ijkl}$ ; ns = no significativo; \*, \*\*, \*\*\*  $P \leq 0.05$ ,  $\square 0.01$ , y  $\square 0.001$  respectivamente. Valores numéricos seguidos de distinta letra denotan significación estadística para  $P < 0.05$  según el Test LSD.

En los estudios realizados en sandía injertada, la mayor masa seca total, de tallo y hojas fue para el Sustrato de semillero, aunque en el caso de la masa seca de hoja este tratamiento no mostró diferencias con O2,5. Para el caso de la masa seca de raíz el mayor valor lo mostró O3,5 aunque sin diferencias con O2'5, O4'5 y U2'5. La menor masa seca la produjo A3,5; aunque no mostró diferencias A4,5 y O4,5 en la masa seca total y de hojas; A4,5 en el caso del tallo y con la turba, SS, A2'5, A4'5, U3'5 y U4'5 para la masa seca de raíz. Por último, los tratamientos que se mostraron una masa seca similar o superior a la turba en los ensayos de sandía fueron: en la masa total nos encontramos con el SS, O2,5 y U 2,5; en la masa de hojas SS, O2'5, U 2'5 y U3'5; en el tallo nos encontramos con el SS y O2,5; y en la raíz todos las mezclas produjeron un masa seca similar o superior a la turba (ver figuras 106,107,108 y 109).



**Figura 106. Efecto de la combinación de diferentes compost a distintas dosis sobre la masa seca de la raíz (mg) en plántulas de sandía injertada.**

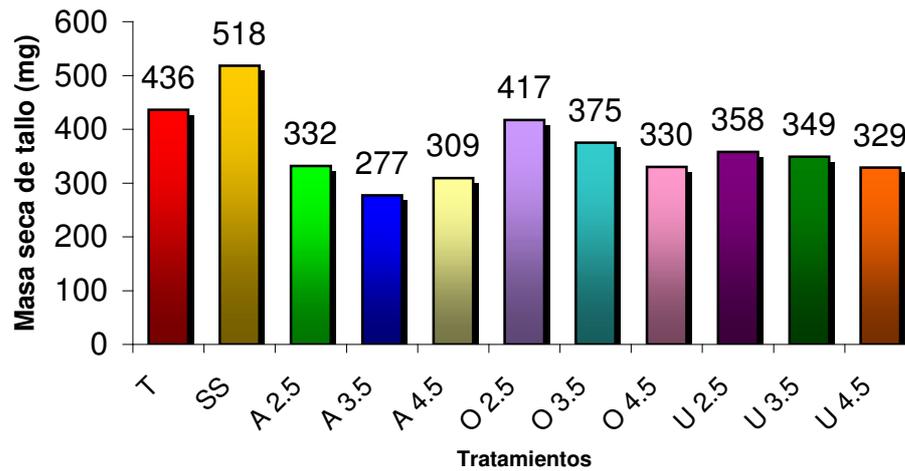


Figura 107. Efecto de la combinación de diferentes compost a distintas dosis sobre la masa seca del tallo (mg) en plántulas de sandía injertada.

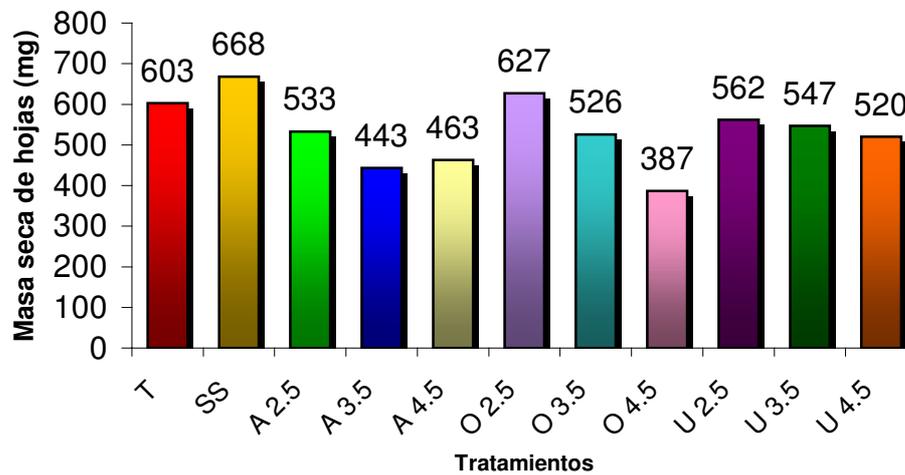


Figura 108. Efecto de la combinación de diferentes compost a distintas dosis sobre la masa seca de las hojas (mg) en plántulas de sandía injertada.

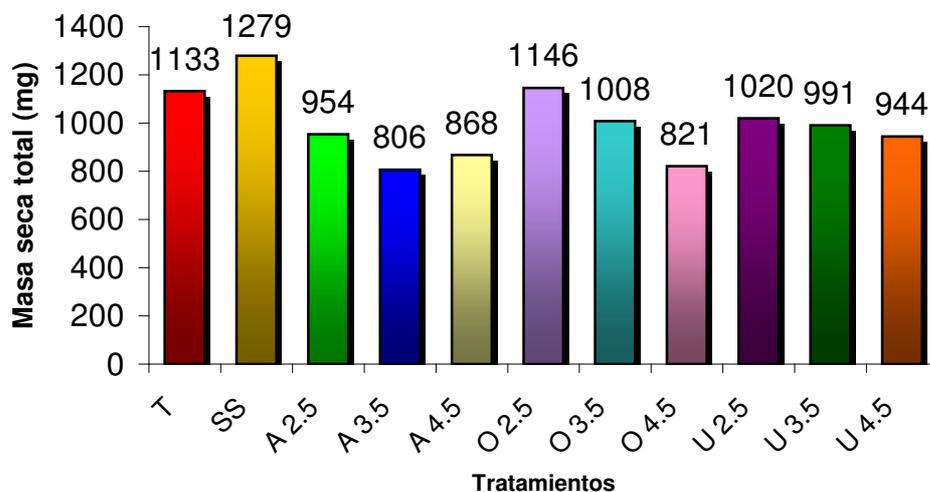


Figura 110. Efecto de la combinación de diferentes compost a distintas dosis sobre la masa seca total (mg) en plántulas de sandía injertada.

En el Anova 2 se muestra el efecto del tipo de compost y CE inicial empleados en los sustratos en semillero, así como la interacción del efecto combinado de ambos factores. En esta comparativa puede apreciarse como en algunas de las variables los factores tipo de compost y CE<sub>i</sub> muestran diferencias estadísticamente significativas entre los tres tipos de compost y CE<sub>i</sub> así como de la existencia de interacción entre ambos factores.

Los compost que han producido una mayor masa seca total sobre plantas de sandía injertada fueron O y U; en tallo y raíz fue el O, y en hojas fue U aunque sin diferencias con O (ver figuras 110,112,112 y 113).

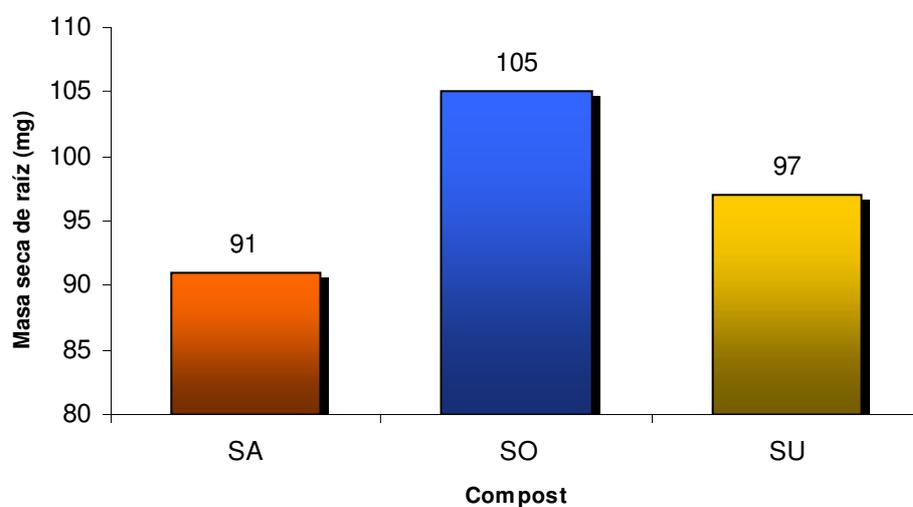


Figura 110. Efecto del tipo de compost sobre la masa seca de la raíz (mg) en plántulas de sandía injertada.

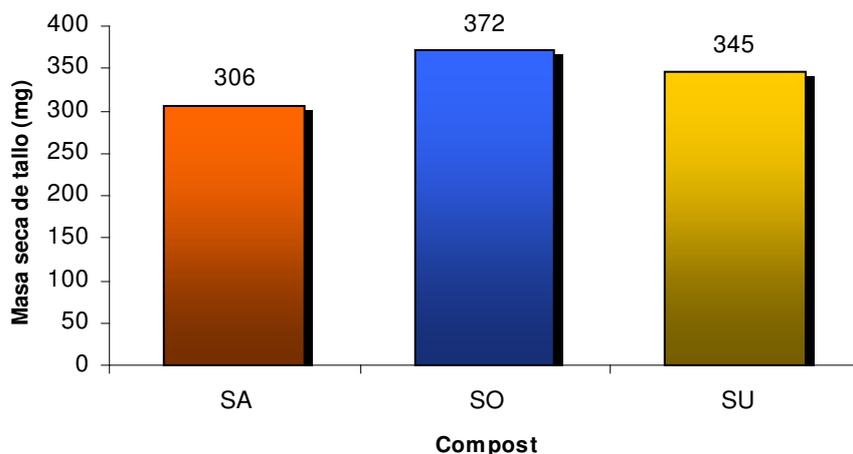


Figura 111. Efecto del tipo de compost sobre la masa seca del tallo (mg) en plántulas de sandía injertada.

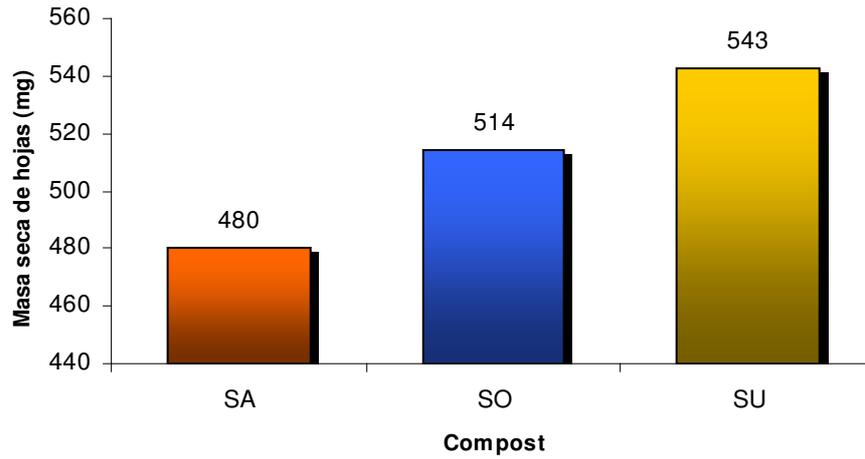


Figura 112. Efecto del tipo de compost sobre la masa seca de las hojas (mg) en plántulas de sandía injertada.

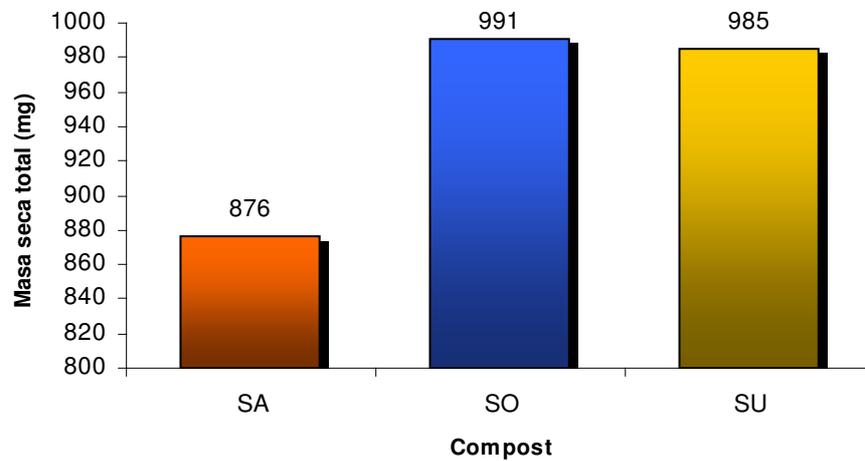


Figura 113. Efecto del tipo de compost sobre la masa seca total (mg) en plántulas de sandía injertada.

Respecto a la CE<sub>i</sub>, en el Anejo 2, podemos ver cómo en lo que a masa seca de raíz se refiere no aparecieron diferencias significativas. Además la mayor masa seca se produjo en la menor CE<sub>i</sub> (ver figuras 114,115,116 y 117).

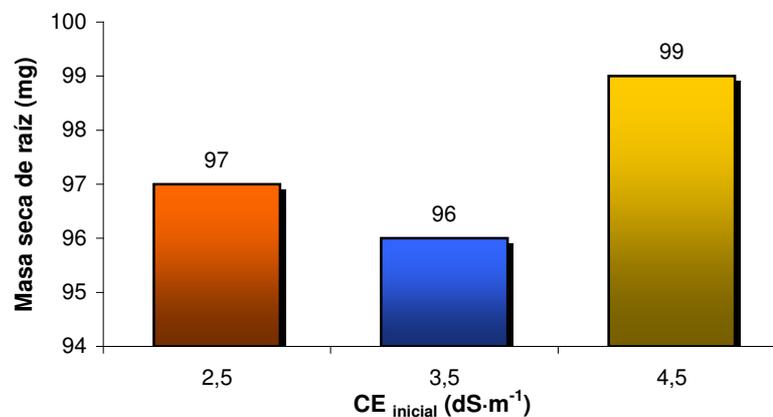


Figura 114. Efecto de diferentes dosis de compost sobre la masa seca de la raíz (mg) en plántulas de sandía injertada.

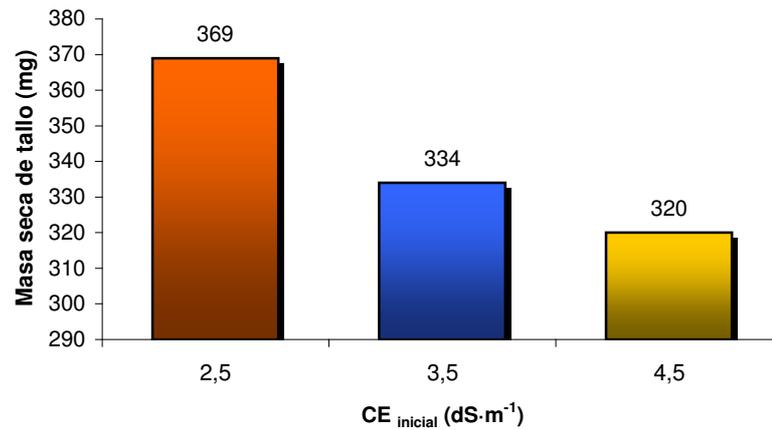


Figura 115. Efecto de diferentes dosis de compost sobre la masa seca del tallo (mg) en plántulas de sandía injertada.

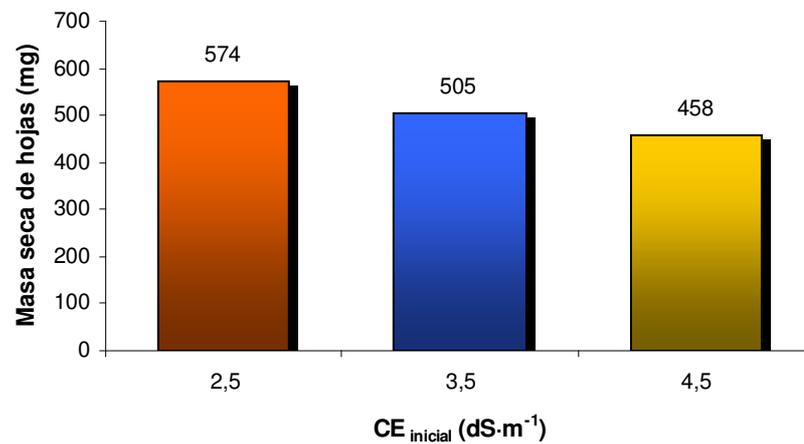


Figura 116. Efecto de diferentes dosis de compost sobre la masa seca de las hojas (mg) en plántulas de sandía injertada.

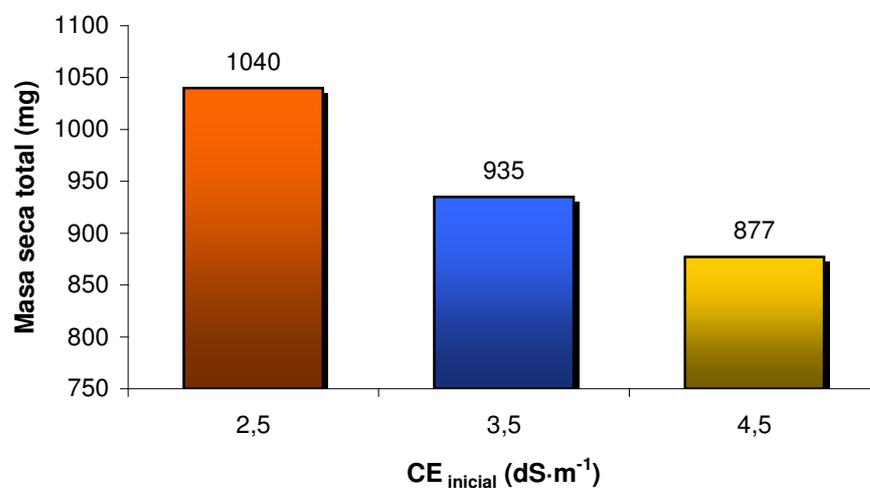


Figura 117. Efecto de diferentes dosis de compost sobre la masa seca total (mg) en plántulas de sandía injertada.

De modo general podemos decir que todos los parámetros de materia seca fueron significativamente menores al aumentar la CE inicial en la mezcla de sustratos con compost, coincidiendo con Al-Karaki (2000), los cuales estudiaron el efecto del NaCl sobre las raíces de *Lycopersicon esculentum* Mill. y determinaron que el aumento de la concentración de sal afectaba adversamente el crecimiento de las raíces, cuantificado como materia seca. No obstante, las diferencias encontradas no son sólo consecuencia de la CE inicial de la mezcla, sino también de la presencia de nutrientes asociada a los compost.

#### 4.5. Efecto de la mezcla de sustratos sobre los índices de hoja

Los índices de hoja SLA (Specific Leaf Area) y LAR (Lear Area Ratio) son considerados los que mejor indican la capacidad de resistir el estrés del trasplante por parte de las plántulas (Masson et al., 1991). El número de hojas y el área foliar son otros parámetros que han sido considerados por numerosos autores para evaluar la calidad de plántula (Al-Karaki, 2000; Castillo et al., 2004; Díaz y Camacho, 2009; Herrera et al., 2008 y Herrera et al., 2009).

Los resultados del efecto de la mezcla de sustratos para semillero a diferentes CE inicial ( $CE_i$ ) sobre los índices de hoja en plántulas de sandía injertada se muestran en la tabla 27. Todos los parámetros estudiados, el número de hojas, el área foliar, el área foliar específica (SLA) y la relación área foliar/materia seca total (LAR) mostraron diferencias estadísticamente significativas entre algunos de los tratamientos estudiados.

**Tabla 27. Efecto de la mezcla de sustratos para semillero a diferentes CE inicial ( $CE_i$ ) sobre índices de hoja en plántulas de sandía.**

ANOVA 1 <sup>a</sup>		Tratamientos										Signif.
Parámetros	T	SS	A2.5	A3.5	A4.5	O2.5	O3.5	O4.5	U2.5	U3.5	U4.5	
Nº Hojas <sup>a</sup>	8,5bc	8,6bc	9,4a	8,6bc	7,9d	8,8b	8,1cd	6,0e	8,4bcd	8,3bcd	8,0d	***
Área foliar <sup>a</sup>	133,1ab	126,3abc	115,8cd	97,8ef	96,6ef	127,8abc	104,7de	81,6f	121,7bc	127abc	138,1a	***
SLA <sup>a</sup>	246b	192de	211cd	208cde	196de	210cde	196de	182e	225bc	244b	288a	***
LAR <sup>a</sup>	127b	100ef	116bcd	112cde	104def	114bcd	99f	76g	122bc	126b	153a	***

ANOVA 2 <sup>b</sup>		Compost			$CE_i$ ( $dS \cdot m^{-1}$ )				Compost X $CE_i$	
Parámetros	A	O	U	Signif.	2.5	3.5	4.5	Signif.		
Nº Hojas <sup>b</sup>	8,6a	7,6c	8,2b	***	8,8a	8,3b	7,3c	***		***
Área foliar <sup>b</sup>	103,4b	105,8b	128,9a	***	121,8a	109,8b	106,5b	**		***
SLA <sup>b</sup>	205b	198,3b	252,3a	***	215a	216a	225a	ns		***
LAR <sup>b</sup>	111b	98c	134a	***	117a	113a	112a	ns		***

A: compost de restos vegetales, O: compost de Orujo de vid, y U: compost de restos Urbanos. 2'5, 3'5, y 4'5 indica valores Conductividad Eléctrica inicial ( $CE_i$ ) del extracto saturado de los compost ( $dS \cdot m^{-1}$ ).

Anova para los composts y las  $CE_i$  sin considerar los testigos según el modelo  $Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \tau_k + \gamma_l + \epsilon_{ijkl}$ ; ns = no significativo; \*, \*\*, \*\*\*  $P \leq 0.05$ ,  $\square 0.01$ , y  $0.001$  respectivamente. Valores numéricos seguidos de distinta letra denotan significación estadística para  $P < 0.05$  según el Test LSD.

Como podemos ver en el Anova 1, el tratamiento que produjo más número de hojas fue el A2,5 con 9,4, aunque esto no se tradujo en un mayor área foliar; mientras que O4,5 con 6 hojas y  $81,6 \text{ cm}^2$  el que menos número de hojas y área foliar mostró, aunque en caso del área foliar, O4,5 no mostró diferencias con A3,5 y A4,5. Los tratamientos que mostraron un número de hojas similar o superior a la turba fueron: SS, A2'5, A3'5, O2'5, O3'5, U2'5 y U3'5; y el mayor área foliar fue para el U4,5 aunque

sin diferencias con la turba, SS y U3,5. Los mayores valores para los índices SLA y LAR fueron para el U4,5; mientras que O4,5 fue el que menores valores arrojó, aunque en el caso del índice SLA U,4 no mostró diferencias con SS, A3'5, A4'5, O2'5, O3'5 y O4'5 (ver figuras 118,119,120 y 121).

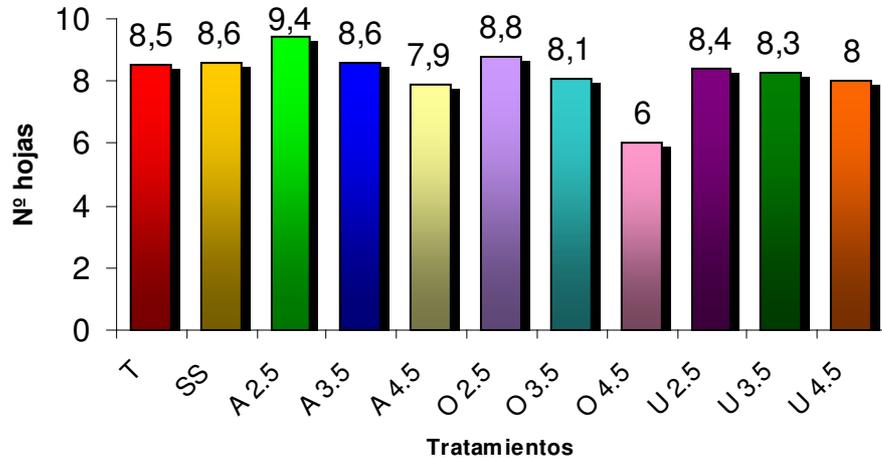


Figura 118. Efecto de la combinación de diferentes compost a distintas dosis sobre el número de hojas en plántulas de sandía injertada.

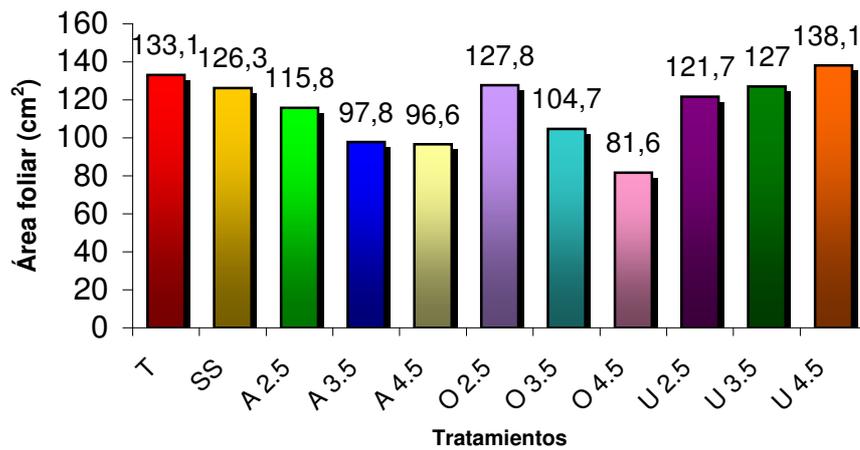


Figura 119. Efecto de la combinación de diferentes compost a distintas dosis sobre el área foliar (cm<sup>2</sup>) en plántulas de sandía injertada.

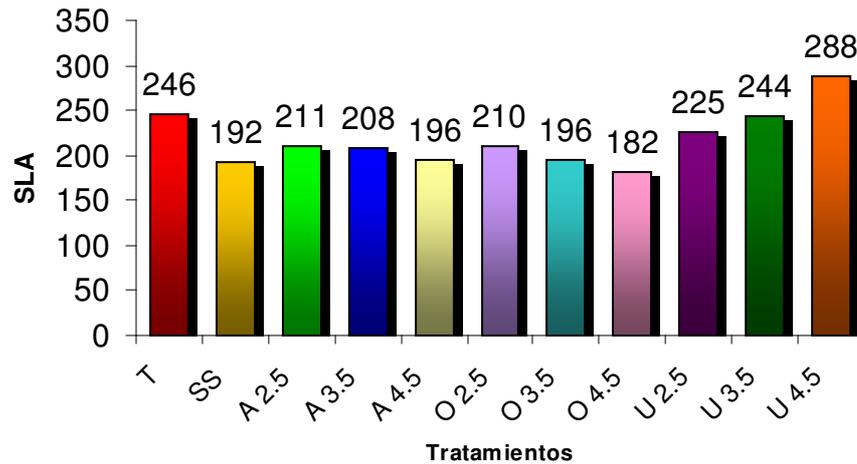


Figura 120. Efecto de la combinación de diferentes compost a distintas dosis sobre el área foliar específica (SLA) en plántulas de sandía injertada.

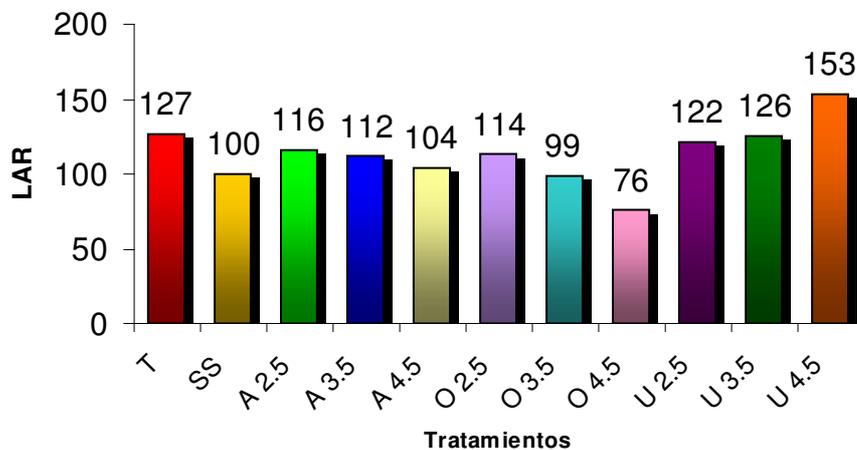


Figura 121. Efecto de la combinación de diferentes compost a distintas dosis sobre la relación área foliar/materia seca total (LAR) en plántulas de sandía injertada.

El estudio multifactorial del efecto de la mezcla de sustratos para semillero a diferentes CE inicial ( $CE_i$ ) sobre los índices de hoja en plántulas de sandía injertada se muestran en la Anejo 2. Se observa que el compost produjo diferencias en todas las variables estudiadas, mientras que los valores crecientes de CE inicial sólo mostraron diferencias en el número de hojas y área foliar. Además, se observan interacciones ente el tipo de compost y la  $CE_i$  para todos los índices.

Si consideramos el tipo de compost, independientemente del tipo de compost, se observa como el compost procedente de resto agrícolas (A) fue el que mayor número de hojas produjo. El mayor número de hojas no siempre se tradujo en un mayor área foliar, tal y como ocurrió en el compost Agrícola. Por tanto, el mayor área foliar fue para el compost RSU. El compost procedente de Orujo de vid fue el que menor número de hojas arrojó. Los menores valores de SLA y LAR fueron para el compost O, aunque sin diferencias con el compost agrícola para el SLA (ver figuras 122,123,124 y 125).

Efecto de diferentes tipos y dosis de compost sobre la germinación, crecimiento y calidad de plántulas de sandía injertada, bajo semillero industrial especializado.

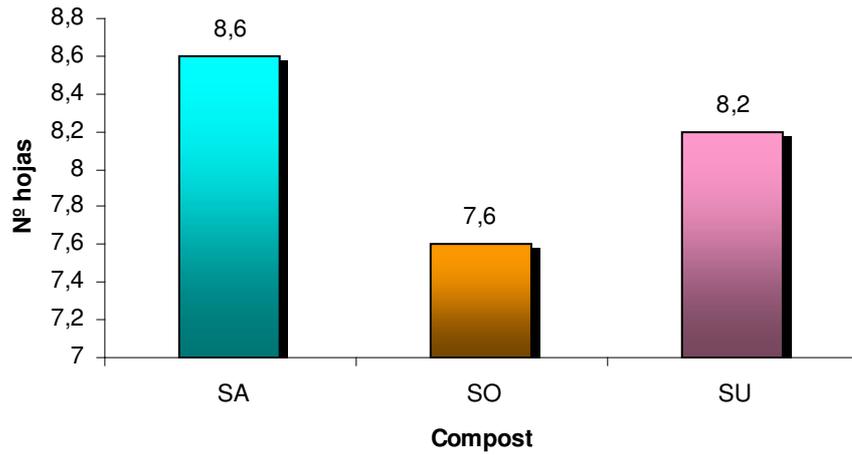


Figura 122. Efecto del tipo de compost sobre el número de hojas en plántulas de sandía injertada.

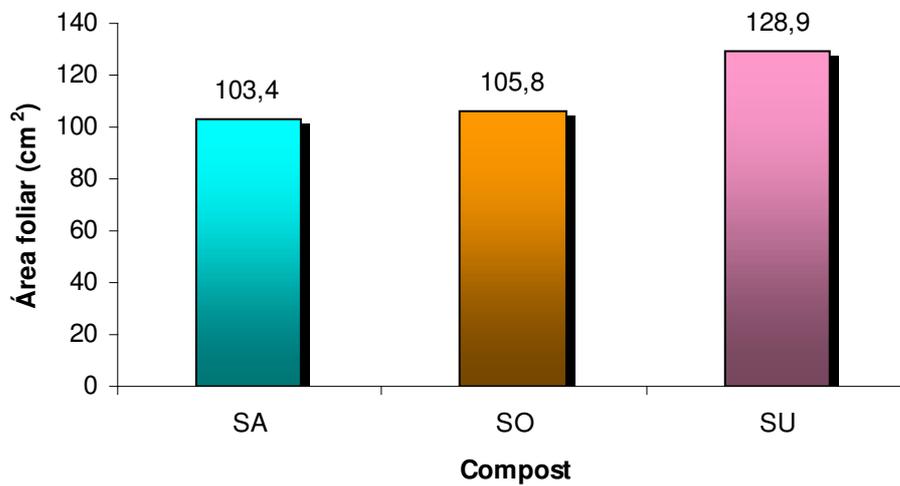


Figura 123. Efecto del tipo de compost sobre el área foliar (cm<sup>2</sup>) en plántulas de sandía injertada.

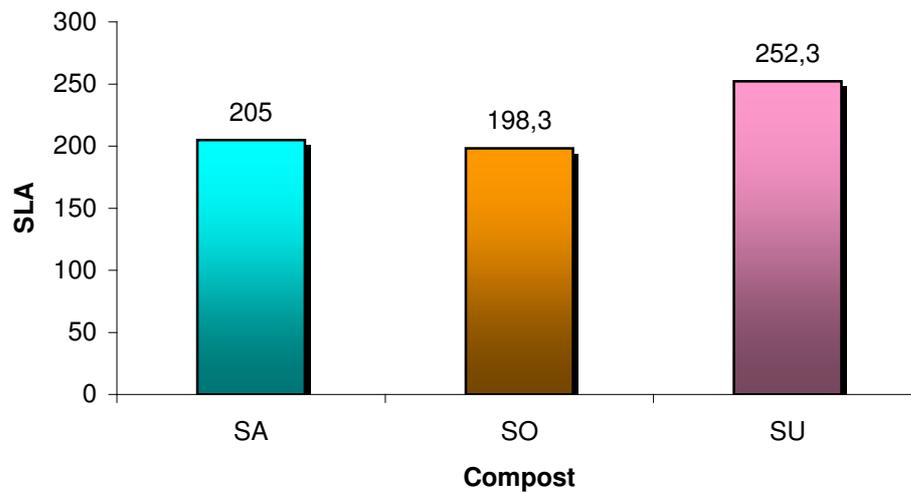


Figura 124. Efecto del tipo de compost sobre el área foliar específica (SLA) en plántulas de sandía injertada.

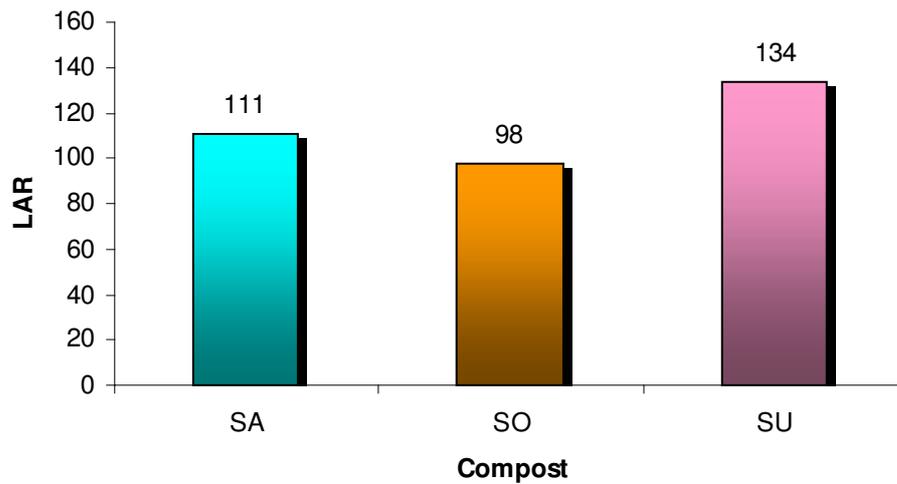


Figura 125. Efecto del tipo de compost sobre la relación área foliar/materia seca total (LAR) en plántulas de sandía injertada.

En el análisis de la  $CE_i$  se observa que el número de hojas disminuye al aumentar la  $CE$  inicial del sustrato. En el caso del área foliar, esta se ve reducida de forma significativa al aumentar la  $CE_i$  a valores superiores a  $2,5 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ . Los índices SLA y LAR no se afectaron por el aumento de la  $CE_i$  (ver figuras 126,127,128 y 129).

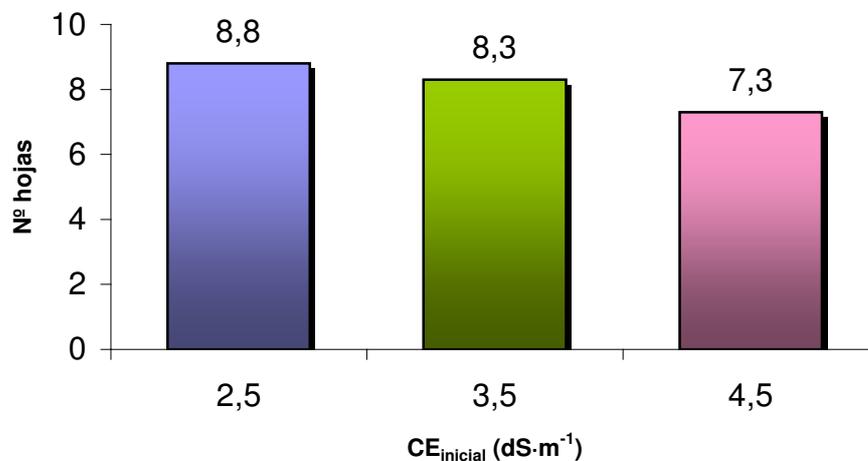


Figura 126. Efecto de diferentes dosis de compost sobre el número de hojas en plántulas de sandía injertada.

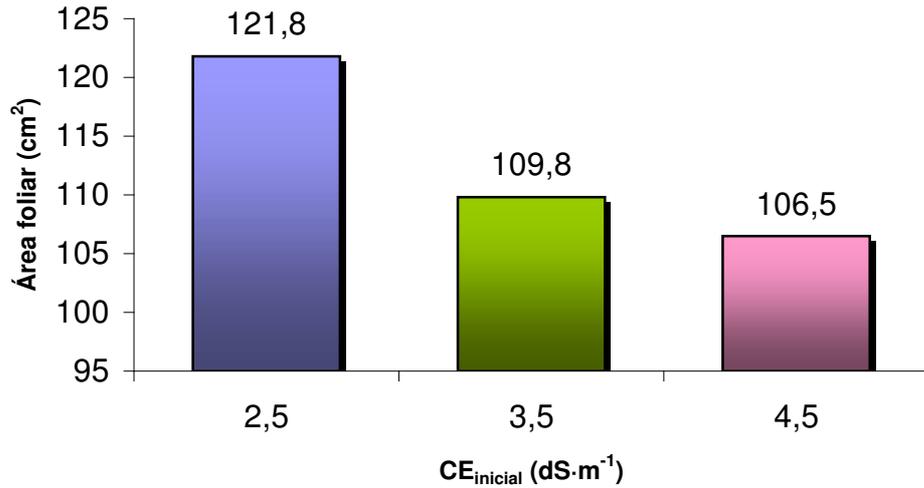


Figura 127. Efecto de diferentes dosis de compost sobre el área foliar (cm<sup>2</sup>) en plántulas de sandía injertada.

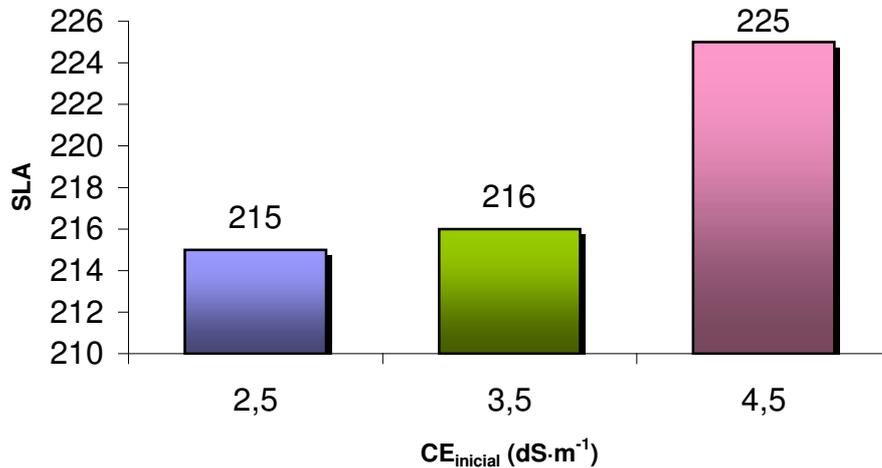


Figura 128. Efecto de diferentes dosis de compost sobre el área foliar específica (SLA) en plántulas de sandía injertada.

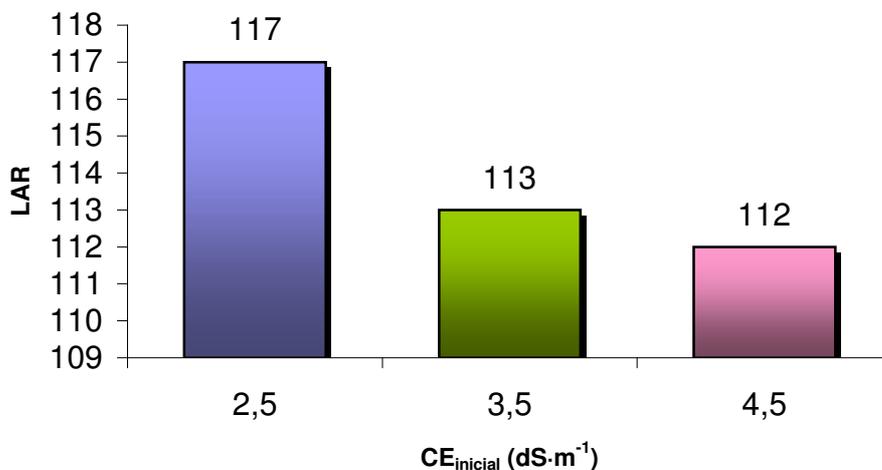


Figura 129. Efecto de diferentes dosis de compost sobre la relación área foliar/materia seca total (LAR) en plántulas de sandía injertada.

A modo de resumen podemos decir que a tenor de los resultados mostrados en la tabla 27, la mayoría de las mezclas que no sobrepasaron  $3,5 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$  de  $\text{CE}_i$  mostraron un comportamiento similar o mejor a la turba, e incluso en algunos casos equiparable al sustrato de semillero. El compost procedente de Orujo de vid (O) fue significativamente inferior al resto en el número de hojas y LAR mientras que el compost agrícola fue el que mostro mayor número de hojas. Los compost Agrícola y Orujo fueron los que menor índice SLA y área foliar presentaron. Además, el aumento de la conductividad eléctrica a valores superiores a  $3,5 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$  reduce el número de hojas, área foliar y los índices SLA y LAR, aunque en estos dos últimos sin presentar diferencias significativas. Estos resultados con coincidentes con los descrito por otros autores que indican que el número de hojas y el área foliar en las plantas de tomate disminuyen con el incremento de la salinidad, la duración del estrés a que están expuestas y a la especie o cultivar que se trate (Romero-Aranda et al., 2001; Al-Karaki, 2000). Además, la presencia de interacción entre factores y las diferencias entre mezclas con igual  $\text{CE}_i$  con procedencia de distintos compost pone de manifiesto que la presencia de otros factores físico-químicos diferentes a la salinidad, pueden estar afectando al desarrollo de la planta y por tanto a los valores de número de hojas, área foliar, e incides LAR y SLA. Estos resultados demuestran que los compost pueden presentar fitotoxicidad por presencia otras sustancias al margen de la salinidad. Algunos autores indican como posibles sustancias tóxicas en los compost el amoniaco (Wong, 1985; Barberis y Nappi, 1996, Tiquia y Tam, 1998), óxido de etileno generado en la síntesis del compost (Wong, 1985), ácidos orgánicos (Hoitink, 1980; Devleeschauwer et al., 1981; Chanyasak et al., 1983; Hoitink y Kuter, 1986), compuestos fenólicos (Solbraa, 1986).

## **5. CONCLUSIONES**

## 5. CONCLUSIONES.

1. Los composts evaluados han mostrado una gran variabilidad en las características físico-químicas iniciales como consecuencia de la variabilidad de los residuos empleados como materia prima, así como las posibles variaciones en el proceso de compostaje. El elevado pH y el exceso de sales solubles encontrado en los compost hace inapropiado su uso como único sustrato para la producción de plántula hortícola salvo que antes se apliquen técnicas adecuadas con el fin de mejorar dichas propiedades.
2. El compost se muestra como un buen sustituto parcial de la turba en la mezcla de sustratos para semillero en plántula hortícola. No obstante, el porcentaje final y la velocidad de germinación, morfología de plántula y la materia seca están estrechamente relacionados con la conductividad eléctrica inicial y el tipo de compost de la mezcla de sustratos, por tanto, la dosis dependerá sus características físicas y químicas. Para compost cuyo factor limitante sea la alta salinidad, la mezcla final con turba no debe superar una CE de 3,5 (dS·m<sup>-1</sup>). Además, para el mismo grado de salinidad, el tipo de compost afecta a la germinación, emergencia y calidad de plántula final por la implicación de otras propiedades como el pH, presencia de nutrientes, sustancias tóxicas, capacidad de retención de agua y aireación.
3. La mayor concentración de nutrientes asociado a los compost procedentes de residuos agrícolas y orujo de vid producen los menores valores de los índices SLA y LAR así como de área foliar, que indican que estas plántulas son más compactas y presumiblemente con mayor resistencia al trasplante, aunque no siempre estuvieron asociados a los mayores valores de la morfología de la planta y la masa seca.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

- Abad M., Noguera P., Noguera V.1997.** Reciclado de residuos orgánicos y su aprovechamiento como sustrato de cultivo. Departamento de producción vegetal universidad Politécnica de Valencia. Actas de horticultura nº 19 tomo 1.
- Abad, M., 1991.** Los sustratos hortícolas y las técnicas de cultivo sin suelo. La Horticultura Española en la C.E. Ediciones de Horticultura S.L. Reus.
- Abad, M., 1992.** Los sustratos hortícolas: Características y manejo. Actas II Congreso Nacional de Fertirrigación. Almería.
- Abad, M., 1993.** Cultivo sin suelo. Curso superior de especialización. De instituto de estudios Almerienses y F.I.A.P.A. Almería.
- Abad, M., Martínez, P.F., Martínez J. 1993.** Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. Acta Horticolturae, 11: 141-154.
- Abad, M., Noguera, P., Carrión C. 2004.** Los sustratos en los cultivos sin suelo. P 113-158. En: M. Urrestarazu (ed.). Tratado de cultivo sin suelo. 3ª Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- ASEHOR. 2005.** Asociación Española de Semilleros Hortícolas. <http://www.asehor.es>.
- Aguilar, F. J., González, P., 1998.** Utilización agrícola de compost de Residuos Sólidos Urbanos en cultivos leñosos en la provincia de Córdoba. ED. Conserjería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- Aguilera Riba F., Casacuberta A., Sánchez Ferrer A., Gea Leiva M., Barrera**
- Alonso J.L., Yáñez R., Abad S., Abad A. 2003.** Biotechnological processes to obtain products of high value from waste paper and cardboard. Afinidad 60(504) pp. 144-152.
- Gómez R., 2005.** El compostaje como vía de tratamiento de R.S.U.: Aplicaciones y limitaciones de la tecnología. Ingeniería química. ISSN 0210-2064, nº 420, Págs. 234-242.
- Alcoverro, T. R., P. Vázquez P.; 2006.** Alternativa al uso de la turba en semilleros hortícolas ecológicos. Actas de Horticultura 47 (2007) VII Jornadas de Sustratos de la SECH, Tenerife, Octubre, 2006.
- AL-Karaki, G.N. 2000.** Growth, sodium, and potassium uptake and translocation in salt stressed tomato. J-plant-nutr. Monticello, N.Y. Marcel Dekker Inc. 23: 369-379.
- Ansorena Miner, J. 1994.** Sustratos. Propiedades y caracterización. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Aparicio Salmerón, V.; Rodríguez Rodríguez, M. P.; Manzanares Ruiz, C.; 2003.** Producción integrada en cultivos hortícolas bajo abrigo. Andalucía. En:

“Técnicas de producción en cultivos protegidos”, Camacho, F. Coordinador, Ed. Caja Rural Intermediterránea, Cajamar: 225-243.

**Barberis, R. and Nappi, P. 1996.** Evaluation of compost stability. p 175-184. En: de Bertoldi, M., Sequi, P., Lemmes, B., Papi, T. (eds.), The science of composting. Blakie Academic & Professional, London.

**Basoccu, L.; Nicola, S. 1989.** Efferti delle condizioni di luce naturale, dello stato hídrico e del volum del substrato sull'accrescimento in vivaio e sulla produttività del pomodoro in serra fredda. 1º Convengo Nazionale Il Vivaismo Orticolo Foggia. 211-217.

**Bernal Calderón, M.P.; Gondar Bouzada, D.M.; 2008.** Producción y gestión de los residuos orgánicos. En: Compostaje. Ed: Mundi-Prensa. 10-41.

**Besnier, F. 1989.** Semillas biología y tecnología, Ediciones Mundi prensa, Madrid.

**Bigeriego, M., Hauck, R.D. and Olson, RA. 1979.** Uptake, translocation and utilization of 15N-depleted fertilizer in irrigated corn. Soil Science Society of America Journal, 43:528–533.

**B.O.E. 131,** de 2 de Junio de 1998, Orden ministerial de 28 de Mayo de 1998 sobre productos fertilizantes y afines.

**B.O.E. 140,** de 12 de junio de 1991. Real decreto 877/1991 de 31 de Mayo, por el que se modifica del RD 72/1998 de 5 de Febrero sobre fertilizantes y afines.

**B.O.E. 171,** de 19 de Julio, 2005. Real decreto 824/2005, 8 de Julio sobre productos fertilizantes.

**B.O.E. 262,** del 1 de Noviembre de 1990. Real decreto 1310/1990 de 29 de Octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuradora en el sector agrario.

**B.O.E. 269,** de 10 de Noviembre de 1999. Orden de 2 de Noviembre 1999, por la que se modifica la orden de 28 de Mayo de 1998 sobre fertilizantes y afines.

**B.O.E. 28,** de 2 de Febrero de 2000. Resolución de 13 de Enero de 2000, de la secretaría general de medio ambiente por la que se dispone la publicación del acuerdo de consejo de ministros, 7 de enero de 2000 por el que se aprueba el plan nacional de residuos urbanos.

**B.O.E. 300,** De 16 de Diciembre de 1993, Real decreto 2071/1993 del 26 de Noviembre relativo a las medidas de protección contra la introducción y difusión en el territorio nacional y de la comunidad económica europea de organismos nocivos para los vegetales o productos vegetales así como para la exportación y transito hacia países terceros.

**B.O.E. 32,** de 6 Febrero, 1998. Real decreto 72/1988 del 5 Febrero, sobre fertilizantes y afines.

**B.O.E. 96**, 22 abril, 1998. Ley 10/1998 de 21 Abril de residuos.

**Boixadera J., Teira M.R.**, 2000. Aplicación agrícola de residuos orgánicos. Ediciones de la Universitat de Lleida.

**Bueno Márquez, P., Díaz Blanco, M.J., Cabrera Capitán, F., 2008.** Factores que afectan al proceso de compostaje. En: Compostaje. Ed: Mundi-Prensa. 93-109.

**Bugbee, J.G., 2002.** Growth of ornamental plants in container media amended with biosolids compost. *Compost. Sci. Util.*: 10, 92-98.

**Bunt, A.C. 1988.** Media and mixes for container-grown plant. 2<sup>nd</sup> Ed. Unwind Hyman Ltd., London, pp 309.

**Burés, S., 1997.** Sustratos. Ed: Agrotécnicas S.L., Madrid.

**Bustamante, M.A., 2007.** Compostaje de los residuos generados en la industria vinícola y alcoholera. Valorización agronómica de los materiales obtenidos. Tesis Doctoral, Universidad Miguel Hernández de Elche.

**Camacho, F. 1998.** El cultivo de la sandía en el Levante de Almería. Técnicas de producción de frutas y hortalizas en los cultivos protegidos del sureste español. Caja Rural de Almería.

**Camacho, F.; Fernández-Rodríguez, E.J. 2000.** El cultivo de sandía apirena injertada bajo invernadero en el litoral mediterráneo Español. Caja Rural de Almería.

**Carmona Chiara, E, Abad Berjón, M., 2008.** Aplicación del compost en viveros y semilleros. En: Compostaje. Ed: Mundi-Prensa. 397-424.

**Castillo, J.E., Herrera, F., López-Bellido, R.J., López-Bellido, F.J., Lopez-Bellido, L. and Fernández E.J. 2004.** Municipal solid waste (MSW) compost as a tomato transplant médium. *Compost Science & Utilization* 12: 86-92.

**Cegarra Rosique, J., Paredes Gil, C., 2008.** Residuos agroindustriales. En: Compostaje. Ed: Mundi-Prensa. 519-551.

**Celdón, Y., Díaz-Fierros, F., Moldes, A.B., Barral Silva, M.T. 2006.** Revista técnica, ISSN 1131-9526. Año 16, Pág. 44-49.

**Cerdá García, C., Camacho Ferre, F., 2005.** Las estructuras de crianza de planta en los semilleros hortícolas. “El fin justifica los medios”. En: “Dirección Técnica de Semilleros Hortícolas. Curso Superior de Especialización”. Ed: Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería. 51-72.

**Chanyasak, V., Katayama, A., Hirai, M.F., Mori, S. and Kubota, H. 1983.** Effects of compost maturity on growth of Komatsuna (*Brassica Rapa* var. pervidis) in Neubauer's pot. II Growth inhibitory factors and assessment of degree of maturity by org.-C/org.-N ratio of water extract Soil Su. *Plant Nutr* 29: 251-259.

- Chikae, M.; Ikeda, R. Kerman, K., Morita, Y. y Tamiya, E. 2006.** Estimation of maturity of compost from food wastes and agro-residues by multiple regression análisis. *Bioresour. Technol.*, 97: 1979-1985.
- Chong C. 2005.** Experiences with waste and compost in nursery substrates. *Horttechnology* 15 (4), pp 739-747.
- Cuartero, J. and Fernández-Muñoz, R. 1999.** Tomato and salinity. *Scientia Horticulture* 78: 83-125.
- De la Torre, F., 1999.** “Los semilleros hortícolas”. Caja Rural de Almería.
- De la Torre, F., 2003.** Los semilleros hortícolas. En: “Técnicas de producción en cultivos protegidos”, Camacho, F. coordinador. Ed: Caja Rural Intermediterránea, Cajamar: 457-479.
- De Kreij, C. Basar, H.; 1995.** Effect of humic substances in nutrient film technique on nutrient uptake. *J. Plant Nutr.* 18 (4): 793-802.
- Devleeschauwer, D., Verdonck, O. and Van Assche, P. 1981.** Study of phytotoxicity of fresh town refuse compost. *BioCycle* 22: 44-46.
- Díaz, M.J., Jiménez, L., Cabrera, F. y De Bertoldo M.O. 2004.** Using second order polynomials models to determinate the optimum vinasse grape marc ratio for in vessel composting. *Compost sci. util* 12 (3): 273-279.
- Díaz, M.J., Madejón, E., López, F., López, R. y Cabrera F. 2002.** Composting of vinasse and cotton waste by using two different system. *Resour. Converse. Recycl.* 34 (4): 235-248.
- Díaz-Pérez, M, y Camacho, F. 2009.** Utilización de compost proveniente de LEDAR, RSU y RSA como sustrato para la producción de plántulas de tomate y melón en semillero. VI Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas y XII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas de la SECH. *Actas de Horticultura* 54, Logroño, Mayo, 2009.
- EEA. 2006.** What is waste? European Topic centre on Resource and waste Management, European Environmental Agency. <http://waste.eionet.europa.eu/waste>.
- El-Habbasha, K.M., Shaheen, A.M. and Rizk, F.A. 1996.** Germination of some tomato cultivars as affected by salinity stress condition. *Egyptian-Journal-of-Horticulture* 23: 179-190.
- Elorrieta Jove, M., 2005.** Enfermedades bacterianas y fúngicas relevantes en semilleros hortícolas. En: “Dirección Técnica De semilleros Hortícolas. Curso Superior de Especialización”. Ed: Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería: 269-290.

- Eurostat, 2005.** Waste generated and treated in Europe. European Communities, Luxembourg, p. 131
- FAO, 2004.** Anuario estadístico de la FAO 2004
- Fernández Doménech, F., 2005.** Control de clima en semillero. En “Dirección Técnica de Semilleros Hortícolas. Curso Superior de Especialización”. Ed: Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería: 73-90.
- Fernández Rodríguez, E.J., et al. 1998.** Aplicación de polímeros hidroabsorbentes al compost RSU, utilizado como sustrato en semillero: efectos sobre la calidad de planta. En: IV Jornadas del grupo de horticultura. Actas de Horticultura 21.107-111
- Flotats Ripoll, X.; Solé Mauri, F.; 2008.** Situación actual en el tratamiento de los residuos orgánicos: aspectos científicos, económicos y legislativos. En: Compostaje. Ed: Mundi-Prensa. 43-74.
- Francois, L.E. Maas, E.V. 1994.** Crop response and management on salt, affected soils. En Handbook of plants and crops stress. Ed. Pessarekli Merce Dekker Inc. New York.
- Fuentes, J.A. 2003.** El compostaje y el compost. En: Los Residuos Urbanos y Asimilables. Ed. Consejería Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Gázquez, S.L. (1996)** Prologo. En: II Jornadas sobre semillas y semilleros hortícolas. Ed. Dirección General de la Producción Agraria 35/96. Congresos y Jornadas. Almería.
- Gil Muñoz, N., 2005.** Bandejas de semillero. En: “Dirección Técnica de Semilleros Hortícolas. Curso Superior de Especialización”. Ed: Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería: 225-239.
- González Buendía, F., 2002.** Efectos de la utilización de compost procedente de lodos de depuradora y biomasa vegetal como sustrato alternativo en la producción de plántula de melón en semillero. Proyecto Fin de Carrera de Ingeniero Técnico Agrícola en Hortofruticultura y Jardinería. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería.
- Guerrero, F., Gasco, J.M., Hernández-Apaolaza, I., 2002.** Use of pine bark and sewage sludge compost as componentes od substrates for *Pinus pinea* and *Cupressus arizonica* production. J. Plant Nutr. 25, 129-141.
- Gusi García, J., 2005.** Mecanización, automatización y robotización de semilleros. En: “Dirección Técnica de Semilleros Hortícolas. Curso Superior de Especialización”. Ed: Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería: 189-2007.
- Hartmann, H.T.; Kester, D.E. 1991.** Propagación de plantas. Cia. Edit. Continental.

- Haug, R.T. 1993.** The practical Handbook of compost Engineerng. Lewis Publishers. Boca Raton. Florida.
- Hernández-Apaolazada, L. Gascó A.M., Guerrero F.2005.** Reuse of waste materials as growing media for ornamental plants. Bioresource Technology 96 (1) pp 125-131.
- Herrera, F., Castillo, J. E., Chica, A. F. and López-Bellido L. 2008.** Use of municipal solid waste compost (MSWC) as a growing medium in the nursery production of tomato plants. Bioresource Technology 99: 287-296.
- Herrera, F., Castillo, J. E., López-Bellido, R.J. and López-Bellido L. 2009.** Replacement of a Peat-Lite Medium with Municipal Solid Waste Compost for Growing Melon (Cucumis melo L.) Transplant Seedlings. Compost Science & Utilization 17: 31-39.
- Hierro, J. 2003.** Los lodos de depuración de aguas residuales urbanas. En: Los Residuos Urbanos y Asimilables. Ed. Conserjería Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Hoitink, H.A.J. 1980.** Composted bark, a lightweight médium with fungicidal properties. Plant Disease 64: 142-147.
- Hoyos, P., 1990.** “Puesta al día de la tecnología en semilleros hortícolas”. Horticultura, 54: 38-64.
- Hoyos, P., 1995.** Parámetros de calidad en plántulas hortícolas. En: II Jornadas sobre semillas y semilleros hortícolas. Ed. Dirección General de la Producción Agraria. 35/96 Congresos y Jornadas. Almería 29-31 de Mayo de 1995.
- Holgado, A., Columela, L.J. M. 1988.** De trabajos de campo, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Ed. Siglo XXI de España, Madrid.
- Hudson, T. Dale, E. 1991.** Propagación de plantas: principios y prácticas. Compañía editorial continental. México.
- Iannotti, D.A., T. Pang, B.L. Toth, D.L. Elwell, H.M. Keener, and H.A.J. Hoitink. 1993.** A quantitative respirometric method for monitoring compost stability. Compost Sci. Util. 1:52–65.
- Iglesias, E., 1991.** Estudio del compostaje termófilo y aerobio de los residuos urbanos de Tenerife. Poder fertilizante del compost y dinámica de los nutrientes aportados en un sistema suelo-planta. Tesis doctoral. Ed: Secretariado de publicaciones, Universidad de la Laguna, Tenerife.
- Iglesias, E. y Pérez, V. 1989.** Evaluation of city refuse compost maturity. A review, Biol. Wastes, 27:115-142.

- Ikenaga, T.; Kikuta, S.; Kistuki, A.; Yamada, M.; Nakashima, K. 1990.** Production of steroid saponin in grafts: *Solanum aculeastissimum* and *Lycopersicum esculentum*. Horticultures Science 25, 1990.
- Inbar., Y.; Chen, Y.; Hoitinik, H.A. 1990.** New approaches to compost maturity, Byocycle, 31:64-69.
- Jeffree, C.E.; Yerman, M. N.;Parrkinson, M.; Holden, M.A. 1986.** The chemicals basis of cell to cell contact and its posible role in differentiation. Monog. Brit. Plat. Growth regul. Group n° 16.
- KEPOS. 2000.** Impactos ambientales en la bodega. Fundación Caja Rioja. Logroño. P. 24.
- Kerr, G.P. y Hanan, J. 1985.** Leaching of container media. Journal of the American Society for Horticultural Science, 110: pp 474-480.
- Kiehl, F.J. 1985.** Fertilizantes orgánicos. Editora Agronómica Ceres Ltda. São Paulo.
- Koopmans, A. y Koppejan, J. 1998.** Agricultural and forest residues-Generation, utilization and availability. Proceedings of the Regional Expert Consultation on Modern Applications of Biomass Energy, pp. 1-23, 6-10 January 1997, Kuala Lumpur, Malasia. Fao Regional Wood Energy Development Programme in Asia, Report n° 36, Bangkok.
- Kubo, S., Shimadan, N., Okamotos, N., 1991.** The effects of nutrient levels in nursery soils on plant-quality of cucumber, tomato, eggplant and melon seedlings. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 60 (3): 555-556.
- Labrador, J., Guiberteau, A., López, I., Reyes, J.L., 1993.** La materia orgánica en los sistemas agrícola. Manejo y utilización. Hoja Divulgadora 3/93 del MAPA, Madrid.
- Leskovar, D.I., Cantliffe, D.J., 1991.** Tomato transplant morphology affected by hanling and storege. Hort Sciencie, 26 (11): 1377-1379.
- López-Aparicio, D., 2005.** Estructuración y dinámica de un semillero hortícola. En: Dirección Técnica de Semilleros Hortícolas. Curso Superior de Especialización”. Ed: Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería: 9-24.
- López, M.J., Boluda Hernández, R., 2008.** Residuos Agrícolas. En: Compostaje. Ed: Mundi-Prensa. 489-518.
- López-Real, J., 1995.** Parámetros de compostaje a residuos orgánicos. En: Gestión y utilización de residuos Urbanos para la Agricultura, pp 27-36 Ed: Fundación La Caixa y AEDOS S.A., Barcelona.
- Louvet, J. 1974.** Le utilisation du freffage en cultura matichere. PHM 152.

- MAPA. 2004.** Hechos y cifras de la agricultura, la pesca y la alimentación en España. [www.mapa.es](http://www.mapa.es)
- MAPA.2005.** Anuario de Estadística agroalimentaria 2004. Subdirección General de Estadísticas Agroalimentarias, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Maroto, J.V. 1996.** Botánica, fisiología y adaptabilidad de la sandía. Cultivo de la sandía. Fundación Caja Rural de Valencia.
- Martínez, F. X. 2006.** Gestión y tratamiento de residuos agrícolas. [http://infoagro.com/hortalizas/residuos\\_agricolas.htm](http://infoagro.com/hortalizas/residuos_agricolas.htm).
- Masaguer, A. y Benito, M. 2008.** Evaluación de la calidad del compost. En: Moreno, J.; Moral, R. (Eds). Compostaje. pp 11-41. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Masson, J.; Tremblay, N.; Grosselin, A. 1991.** Nitrogen fertilization and HPS supplementary lighting influence vegetable transplant production. I. Transplant growth. J. Amer. Hort. Sci.
- Mazuela, P. y Urrestarazu, M. 2005.** Acondicionamiento del compost de residuos horticolas para semillero. V Congreso Ibérico de Ciencias Horticolas Y IV Congreso Iberoamericano de Ciencias Hortícolas (Oporto), Volumen 3, pp. 377-382.
- Miguel, A.; Camacho, F.; Kempff, F. 1983.** Manejo y producción de hortalizas. Santa CRUZ DE LA Sierra, Bolivia.
- Miguel, A. 1993.** El injerto herbáceo como método alternativo de control de enfermedades telúricas y sus implicaciones agronómicas. Tesis doctoral UPV.
- Miguel, A. 1997.** Melones. Compendios de Horticultura.
- Miyatake, F., Iwabuchi, K. 2006.** Effect of compost temperatura on oxygen uptake rate, specific growth rate and enzymatic activity of microorganism in dairycattle manure. Bioresource Technology 97 (7), pp. 961-965.
- MMA.2005.** Anuario de estadística agroalimentaria 2004. Subdirección General de Estadística Agroalimentaria, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Moldes, A., Vázquez, M., Domínguez, J.M., Díaz-Fierros, F. y Barral, M.T. 2007.** Evaluation of waste from the winery industry as soil amendment.
- Moreno, O. 2002.** Evaluación de parámetros de calidad de planta de semillero en tomate cv. Durinta usando como substrato compost proveniente de R.S.U. y restos vegetales: efecto de la fertilización. P.F.C. Universidad de Almería.
- OIV. 2003.** Situación y estadísticas del sector vitivinícola mundial en 2003. Organisation Internationale de la Vigne et du Vin. <http://www.oiv.int>.

- Ostos, J.C., López-Garrido, R., Murillo, J.M., López, R., 2007.** Substitution of peat for municipal solid waste and sewage sludge-based composts in nursery growing media: Effects on growing and nutrition of the native shrub *Pistacia lentiscus* L. *Bioresource Technology* 99 (2008). 1793-1800
- Otero, L.R. 1992.** Residuos sólidos urbanos. Ed. Secretaria General Técnica del M.O.P.T. Madrid.
- Palomar, F.; Gómez, M.C. 1994.** Cultivo de la sandía. Poniente hortofrutícola. 2<sup>a</sup> quincena de diciembre. (9).
- Parkinson, M.; Jeffree, C. E.; Yeoma, M. N. 1987.** Incompatibility in cultured explant-graft between members of the solanaceae. *New Phytologist*. 107 (3).
- Peña, E. y col. 2002.** Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana.
- Pérez Murcia, M.D., Moreno Caslles, J., 2008.** Residuos Urbanos. En: Compostaje. Ed: Mundi-Prensa. 467-488.
- Plaza García, M.E., 2003.** Efectos de la composición del sustrato de semillero sobre la producción de tomate *c.v. Durinta* bajo invernaderos. Proyecto fin de carrera. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería.
- Raviv, M. 2005.** Production of high-quality composts for horticultural purposes: A mini-review. Agricultural Research Organization, Newe Ya'ar Research Center, P.O.B. 1021, Ramat Yishay 30095, Israel.
- Raviv, M., Chen, Y., Invar, Y. 1986** peat and peat substitutes as growth media for container grown plant. The roler of organic matter in modern agriculture. Martinus Nijhoff Publisher. Dordrecht (The netherlands). Pp. 257-287.
- Reche Mármol, J. 1994.** Cultivo de la sandía en invernadero. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Almería.
- Ribeiro, H.M., Romero, A.M., Pereira, H., Borges, P., Cabral, F. and Vasconcelos, E. 2007.** Evaluation of a compost obtained from forestry wastes and solid phase of pig slurry as a substrate for seedlings production. *Bioresource Technology* 98: 3294-3297.
- Roe, N.E. y Kostewicz, S.R. 1992.** Germination an early growth of vegetables seed in compost. En: C.S. Vavrin (Ed.). Proceedings of national Symposium on Stand Establishment of Horticultural Crops. Frot Myers, Florida, pp. 91-207.
- Romero-Aranda, R., Soria, T. and Cuartero, J. 2001.** Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant Science* 160: 265-272.
- Rynk, R y col. 1992.** On farm Composting Handbook, Northeast Regional Agricultural Engineering Service.

- Sáez Alonso, E., Cuadrado Gómez, I., Janssen, D., 2005.** Enfermedades víricas relevantes en semillero. En: Dirección Técnica de Semilleros Hortícolas. Curso Superior de Especialización”. Ed: Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería: 291-311.
- Salas Sanjuán, M.C., Urrestarazu Gavilán, M., Moreno Cascó, J., Elorrieta Jové, M.A., 2001.** Sustrato alternativo para uso en cultivo sin suelo. En: II Jornadas Técnicas de Cultivos Sin Suelo: del 30 de mayo al 1 de junio. Murcia:Conserjería de Agricultura, Agua y medio Ambiente. 61-68.
- Sánchez-Monedero, M.A., Roig, A., Cegarra, J., Bernal, M.P., Noguera, P., Abad, M., Antón, A., 2004.** Compost as media constituents for vegetables transplant production. Dept. Soil/Water Conserv/Organ. Waste, Ctr. De Edafol/Biología Apl. Segura, CSIC, Murcia, Spain.
- Savage, G.M. 1996.** Caracterización de residuos. Warmer Bulletin. 49. 18-22.
- Savage, G.M., Golueke, C.G. 1986.** Major cost elements in co-composting. Biocycle January. Pp. 33-35.
- S.E.A. 1978.** Avance de los resultados con siete variedades de sandía en el Campo de Nijar. Jornadas de Horticultura, Almería.
- Serrano, Z. 1985.** Prontuario del horticultor. Al 3/1985. Almería.
- Singer-SM. 1994.** Germination responses of some tomato genotypes as affected by salinity and temperature stress. Source Egyptian Journal of Horticulture 21: 47-64.
- Solbraa, K. 1986.** Brak as growth medium. Acta Horticulturae 178: 129-135
- Soliva Torrentó, M., 1999.** Compostaje de materiales orgánicos para su uso como sustrato. En: Cultivos sin Suelo II. Curso superior de especialización.
- Soliva Torrentó, M., López Martínez, M., Huerta Pujol, O., 2008.** Antecedentes y fundamentos de proceso de compostaje. En: Compostaje. Ed: Mundi-Prensa. 75-92.
- Sterrett S. 2005.** Los compost como sustratos para la horticultura en la producción de material de trasplante. En: Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola / coord. por Peter J. Stoffella, Brian A. Kahn, ISBN 84-8476-186-X, pags. 227-240.
- Suzuki, E. 1972.** Sandía de Yamato.
- Tchobanoglous, G., Theisen H., Vigil, S.A., 1994.** Gestión integral de residuos sólidos urbanos. Ed: McGraw-Hill/Interamericana de España S.A. Madrid.
- Tesi, R. 1991.** Principi di orticoltura e ortaggi d'Italia. Ed. Edagricole. Bolonia.

- Tiedemann, R. 1989.** Graft union development and symplastic phloem contact in the heterograft *Cucumis sativus* on *Cucúrbita ficifolia*. *Journal of Plant Physiology*.
- Tijeras Ramírez, J.I., 2005.** Siembra, germinación y crianza de plántulas hortícolas. En: Dirección Técnica de Semilleros Hortícolas. Curso Superior de Especialización”. Ed: Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería: 167-187.
- Tiquia, S.M. and Tam, N.F.Y. 1998.** Elimination of phytotoxicity during co-compostig of spent pig-manure sawdust litter. *Environ. Pollut.*, 93: 249-256.
- Urrestarazu, M., Salas, M.C., Rodríguez, R., Elorrieta, M.A., Moreno, J. 2000.** Evaluación agronómica del uso de compost de residuos hortícolas como sustrato alternativo en cultivos sin suelo en tomate. *Actas Horticultura*, 32: 327-332.
- Van-Camp, L., Bujarrabal, B., Gentile, A.R., Jones, R.J.A. Montanarella, L., Olazábal, C. y Selvaradjou, S. K. 2001.** Reports of the Technical Working Groups Established Under the Thematic Strategy for Soil Protection. EUR 2139 EN/3, 872 pp. Office for Official Publications of the European Communities. Luxemburg.
- Vort, E., Jakob, L. Lemperle, E. y Weiss, E. 1986.** El vino: obtención, elaboración y análisis. Ediciones Acribia, S.A. Zaragoza.p. 294.
- Welles, G.W.H. 1989.** Agronomic techniques for seedling growing in Dutch vegetables glasshouse industry. 1º Convegno Nazionale "Il Vivaimso Orticolo". Foggia. 221-235.
- Wilson, S.B., Stoffela, P.J., Gratz, D.A. 2003.** Compost Atended Media and Irrigation System Influence Containerized Perennial Salvia. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 128 (2): pp
- Wong, M.H. 1985.** Phytotoxicity of refuse compost during the process of maturation. *Environ. Pollut. Ser. A* 37: 159-174.
- Wu, L., MA, L.Q., Martínez, G.A.; 2000.** Comparison of methods for evaluating stability and maturity of biosolids compost; *J. Environ. Qual.* 29: pp424-429.
- Zucconi, F., De Bertoldo, M. 1987.** Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. In “Compost: production, Quality and Use”, Ed. M de Bertoldi, M.P., Ferranti, P.L. Hermite and Zucconi, Elsevier Appl. Ac. Publ.
- Zucconi, F.; Forte, M.; Mónaco, A. y De Bertoldo, M. 1981a.** Evaluating toxicity of in nature compost. *Biocycle.* 22: pp 54-57.
- Zucconi, F.; Forte, M.; Mónaco, A. y De Bertoldo, M. 1981b.** Biological evaluation of compost maturity. *Biocycle.* 22: pp 27-29.