



FACULTAD DE
AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

**EVALUACION AGRONOMICA DE SUSTRATOS
ORGANICOS EN LA PRODUCCION
DE PLANTINES DE MORRON**

por

César Luis REHERMANN VAZQUEZ

TESIS

2000

MONTEVIDEO

URUGUAY



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE SUSTRATOS ORGÁNICOS
EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTINES DE MORRÓN.**

FACULTAD DE AGRONOMIA



DEPARTAMENTO DE
DOCUMENTACIÓN Y
BIBLIOTECA

por

César Luis REHERMANN VÁZQUEZ

**TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo. (Orientación Granjera).**

**Montevideo
Uruguay
2000**

Tesis aprobada por:

Directores: Ing. Agr. Margarita García

Ing. Agr. Héctor González

Ing. Agr. Estela Priore

Fecha: 21 de setiembre del 2000

Autor: César Luis Rehermann Vázquez

Nota: 9

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a todas aquellas personas que de una forma u otra hicieron posible la realización del presente trabajo final, en especial a:

Ing. Agr. Horacio Rivero, Dirección de Suelos y Aguas, MGAP, Montevideo.

Sra. Yolanda Gonzalez, Dirección de Suelos y Aguas, MGAP, Montevideo.

Ing. Agr. Jorge Carricaburu, Dirección de Suelos y Aguas, MGAP, Montevideo.

Ing. Agr. Juan Liesegang, Dirección de Suelos y Aguas, MGAP, Montevideo.

Sr. Ricardo Aguiar, Centro Regional Sur, Facultad de Agronomía, Canelones.

Ing. Agr. Pablo Cracco, Centro Regional Sur, Facultad de Agronomía, Canelones.

Ing. Agr. Margarita García, Facultad de Agronomía, Montevideo.

Ing. Agr. Estela Priore, Facultad de Agronomía, Montevideo.

Ing. Agr. Héctor González, Facultad de Agronomía, Montevideo.

Ing. Agr. Luis Aldabe, Facultad de Agronomía, Montevideo.

Técnico en informática Marcelo Mérida, Ministerio de Turismo, Montevideo.

Bach. Roberto Guelvenzu, Facultad de Agronomía, Montevideo.

Ing. Agr. Mario Michelazzo, Facultad de Agronomía, Microscopía, Montevideo.

Bach. Rafael Wins, Facultad de Agronomía, Montevideo.

Quiero también expresar mi gratitud a mi familia que me apoyo, en particular a mi esposa y mi madre.

TABLA DE CONTENIDOS

PAGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS	VIII
LISTA DE GRAFICOS	X
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	5
2.1 <u>INTRODUCCIÓN</u>	5
2.2 <u>ABONOS ORGÁNICOS</u>	5
2.2.1 <u>La materia orgánica</u>	5
2.2.2 <u>Características generales de los abonos orgánicos</u>	9
2.2.3 <u>Compost</u>	11
2.2.3.1 <u>Antecedentes históricos del compostaje</u>	11
2.2.3.2 <u>Composición y características de los compost</u>	11
2.2.3.3 <u>Propiedades biológicas</u>	12
2.2.3.4 <u>Propiedades físicas</u>	13
2.2.3.5 <u>Propiedades químicas</u>	14
2.2.4 <u>Vermicompost</u>	14
2.2.4.1 <u>Características generales de la lombriz</u>	14
2.2.4.2 <u>La lombriz roja californiana o Red Hybrid</u>	16
2.2.4.3 <u>Composición y características de los vermicompost</u>	17
2.2.5 <u>Fabricación de compost y vermicompost en Uruguay</u>	22
2.2.5.1 <u>Probides-Facultad de Agronomía</u>	22
2.2.5.2 <u>Convenio IMM-Facultad de Ciencias</u>	23
2.3 <u>MEDIOS DE CULTIVO Y SUSTRATOS</u>	24
2.3.1 <u>Características generales de los almácigos</u>	24
2.3.2 <u>Evolución de los medios de cultivo</u>	25
2.3.3 <u>Composición de los medios de cultivo</u>	27
2.3.3.1 <u>La fase sólida</u>	28
2.3.3.2 <u>La solución acuosa</u>	29
2.3.3.3 <u>El aire</u>	30

2.3.4 <u>Propiedades físicas de los medios de cultivo</u>	32
2.3.4.1 Distribución del tamaño de poros y partículas	32
2.3.4.2 Porosidad total y densidad aparente	33
2.3.4.3 Capacidad de retención de agua	34
2.3.5 <u>Propiedades químicas de los medios de cultivo</u>	35
2.3.5.1 Capacidad de intercambio catiónico	35
2.3.5.2 El pH y la capacidad buffer del sustrato	36
2.3.5.3 Cantidad y disponibilidad de nutrientes	37
2.3.5.4 Salinidad de la solución acuosa de los medios de cultivo	38
2.3.6 <u>Propiedades biológicas de los medios de cultivo</u>	40
2.3.6.1 Grado y tasa de descomposición	40
2.3.6.2 Efectos de los productos de la descomposición	41
2.3.7 <u>Tipos de contenedor</u>	42
2.4 AGUA DE RIEGO	43
2.4.1 <u>Calidad del agua de riego</u>	43
2.4.1.1 Criterio de salinidad	44
2.4.1.2 Criterio de sodicidad	45
2.4.1.3 Criterio de toxicidad	46
2.4.1.4 Concepto de "Dureza"	47
2.4.2 <u>Salinización de los suelos</u>	47
2.5 EL CULTIVO DE MORRÓN	48
2.5.1 <u>Origen y domesticación</u>	48
2.5.2 <u>Producción mundial y nacional</u>	50
2.5.3 <u>Aspectos morfológicos</u>	51
2.5.4 <u>Requerimientos de suelo</u>	53
2.5.5 <u>El proceso de germinación</u>	54
2.5.5.1 Factores ambientales que determinan la germinación	55
2.5.5.2 Factores fisiológicos que afectan la germinación	57
2.5.6 <u>Crecimiento del plantín</u>	58
2.5.6.1 Factores ambientales que afectan el crecimiento y desarrollo	58
2.5.6.2 Factores edáficos que afectan el crecimiento y desarrollo	59
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	61
3.1 LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO	61
3.2 DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO	61
3.2.1 <u>Diseño experimental</u>	61

3.2.2 <u>Sustratos empleados</u>	62
3.2.3 <u>Manejo del almácigo</u>	63
3.3 OBSERVACIONES REALIZADAS	63
3.4 REGISTROS Y ANÁLISIS	64
3.4.1 <u>Análisis de semilla</u>	64
3.4.2 <u>Análisis de sustratos</u>	64
3.4.2.1 Análisis físico	64
3.4.2.2 Análisis químico	65
3.4.3 <u>Análisis de agua</u>	66
3.4.4 <u>Registro de temperatura</u>	66
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	67
4.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE LOS SUSTRATOS	67
4.1.1 <u>Caracterización física</u>	67
4.1.2 <u>Caracterización química</u>	72
4.1.2.1 Análisis químico de los materiales puros	72
4.1.2.2 Análisis químico de los sustratos	74
4.2 ANÁLISIS DE AGUA	82
4.3 REGISTRO DE TEMPERATURAS	84
4.4 ANÁLISIS DE SEMILLA Y EMERGENCIA DE LOS PLANTINES	84
4.4.1 <u>Análisis de germinación de la semilla</u>	84
4.4.2 <u>Emergencia de los plantines</u>	85
4.4.2.1 Emergencia a los 21 días de la siembra	85
4.4.2.2 Emergencia a los 23 días de la siembra	87
4.4.2.3 Emergencia a los 25 días de la siembra	88
4.4.2.4 Emergencia a los 42 días de la siembra	89
4.5 CRECIMIENTO DE LOS PLANTINES	92
4.5.1 <u>Emisión de la primer hoja verdadera</u>	92
4.5.1.1 Hoja verdadera a los 33 días de la siembra	92
4.5.1.2 Hoja verdadera a los 39 días de la siembra	94
4.5.1.3 Hoja verdadera a los 42 días de la siembra	96
4.5.2 <u>Altura del plantín</u>	99
4.5.2.1 Altura del plantín a los 47 días de la siembra	99
4.5.2.2 Altura del plantín a los 54 días de la siembra	101
4.5.2.3 Altura del plantín a los 61 días de la siembra	102
4.5.3 <u>Diámetro del plantín</u>	103

4.5.3.1 Diámetro del plantín a los 54 días de la siembra	103
4.5.3.2 Diámetro del plantín a los 61 días de la siembra	103
4.5.4 <u>Número total de hojas verdaderas al trasplante</u>	104
4.5.5 <u>Peso fresco y seco de raíz y parte aérea al trasplante</u>	105
4.5.6 <u>Estado sanitario de los plantines</u>	106
5. <u>CONCLUSIONES</u>	107
6. <u>RESUMEN</u>	110
7. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	111
8. <u>ANEXOS</u>	115

LISTA DE CUADROS

2.1 Composición típica de un suelo arable	7
2.2 Análisis de un vermicompost elaborado en base a estiércol bovino	19
2.3 Composición promedio de un vermicompost	20
2.4 Contenido de fitohormonas en el vermicompost	21
2.5 Composición de la cáscara de arroz	22
2.6 Subproductos y residuos empleados como ingredientes de sustratos	26
2.7 Tolerancia de la salinidad de cultivos en relación de su rendimiento potencial y salinidad del agua de riego	38
2.8 Tolerancia y sensibilidad a la salinidad	39
2.9 Riesgo de inducir salinidad del agua de riego	45
2.10 Riesgo de inducir toxicidad del agua de riego	46
2.11 Clasificación del agua de riego según el contenido de cloruros	46
2.12 Clasificación del agua en base a su dureza	47
2.13 Producción mundial de pimientos	51
2.14 Germinación de la semilla de pimiento según la temperatura	56
3.1 Sustratos evaluados en el ensayo	63
4.1 Análisis físico de los sustratos evaluados	67
4.2 Análisis químico de los compost y vermicompost puros	73
4.3 Análisis químico de los sustratos evaluados	74
4.4 Valores de salinidad de los sustratos y su clasificación	81
4.5 Análisis del agua usada para riego	82
4.6 Resultados del análisis de semilla	84
4.7 Emergencia según condición	85
4.8 Emergencia según composición	85
4.9 Emergencia según origen y porcentaje	86
4.10 Emergencia según condición	87
4.11 Emergencia según origen y porcentaje	87
4.12 Emergencia según condición	88
4.13 Emergencia según origen y porcentaje	88
4.14 Emergencia según condición	89
4.15 Emergencia según composición y origen	90
4.16 Emergencia según origen y porcentaje	90

4.17 Hoja verdadera según condición	93
4.18 Hoja verdadera según composición y origen	93
4.19 Hoja verdadera según origen y porcentaje	94
4.20 Hoja verdadera según condición	95
4.21 Hoja verdadera según composición, origen y condición	95
4.22 Hoja verdadera según origen y porcentaje	96
4.23 Hoja verdadera según condición	96
4.24 Hoja verdadera según composición origen y condición	97
4.25 Hoja verdadera según origen y porcentaje	97
4.26 Altura del plantín según condición	99
4.27 Altura del plantín según composición y condición	100
4.28 Altura del plantín según origen, porcentaje y condición	100
4.29 Altura del plantín según condición	101
4.30 Altura del plantín según porcentaje y condición	101
4.31 Altura del plantín según condición	102
4.32 Diámetro del plantín según condición	103
4.33 Diámetro del plantín según condición	103
4.34 Número promedio de hojas verdaderas al trasplante	104
4.35 Peso fresco y seco promedio por planta de raíz y parte aérea	105

LISTA DE GRÁFICOS

4.1 Densidad aparente de los sustratos	68
4.2 Porosidad total de los sustratos	69
4.3 Macroporosidad de los sustratos	70
4.4 Retención de agua de los sustratos	71
4.5 Fósforo disponible en los sustratos	75
4.6 Contenido de materia orgánica en los sustratos	76
4.7 Potasio intercambiable en los sustratos	77
4.8 Calcio intercambiable en los sustratos	78
4.9 Magnesio intercambiable en los sustratos	79
4.10 Sodio intercambiable en los sustratos	80
4.11 Salinidad de los sustratos y emergencia a los 21 días	92
4.12 Salinidad de los sustratos y hoja verdadera a los 33 días	99

1. INTRODUCCIÓN

Nuestro país basa su economía en la producción agropecuaria, la que históricamente ha generado las divisas necesarias para el desarrollo, por lo que todo intento para ayudar en la mejora de dicha producción es importante, no solo por generar riqueza, sino por emplear mano de obra y contribuir al desarrollo del sector. Cabe destacar además la importancia del uso de insumos nacionales de ser posible de bajo costo, fáciles de obtener y accesibles para los productores.

Es notorio el desarrollo que ha tenido la horticultura en el país, por lo que cada vez se requiere producir mejor calidad y con menores costos así como mantener una oferta variada y constante de productos a lo largo del año. Todo esto, ha llevado a desarrollar técnicas de producción de plantines en contenedores de diferente naturaleza, mediante el uso de sustratos producidos por el productor ó de origen extranjero, que por lo general son de elevado costo y no presentan las garantías necesarias de sanidad y pureza. La finalidad de emplear este sistema es tener un mejor control de los plantines y ahorro de semilla frente a la forma tradicional de realizar almácigos en cantero.

Es en las primeras etapas donde el cultivo presenta mayores exigencias de cuidado y es más delicado, determinando en buen grado el éxito posterior, por lo que es aquí donde se trata de hacer énfasis en el control de los plantines. El hecho de producir mudas en contenedores permite minimizar el estrés del trasplante, ya que se llega con una planta con el sistema radical intacto, logrando un mejor resultado en la instalación del cultivo. El sustrato a emplear en los contenedores debe satisfacer los requerimientos del plantín, tanto en sus propiedades físicas como químicas, ser de fácil obtención, de costo accesible y reproducible.

Por otra parte existen en la actualidad una serie de subproductos del agro que pueden ser usados eventualmente en la obtención, mediante técnicas adecuadas, de materiales que puros ó mezclados de diversas formas, servirían como sustratos para la obtención de plantines a bajo costo. Los sustratos podrían ser hechos en el propio predio y ser una fuente no despreciable de humus y sustancias nutritivas, evitando además una fuente de contaminación y resolviendo uno de los problemas más importantes en la actualidad como es el de eliminar los residuos.

La oferta de materiales que pueden ser reutilizados en el predio es de muy diversos orígenes, ya sea animal ó vegetal, orgánicas ó inorgánicas, dependiendo del tipo de producción realizada, pero la totalidad de ellos pueden ser procesados mediante técnicas de compostaje ó vermicompostaje. Estas técnicas son fáciles de realizar en el predio y de bajo costo, obteniéndose materiales que mejoran las propiedades fisico-químicas de los sustratos a usar, con la consiguiente mejora de calidad del plantín obtenido.

Si bien las técnicas de compostaje y vermicompostaje son procesos similares, cabe destacar que los materiales obtenidos varían mucho y dependen de los materiales originales de que se parte. Por lo que deberá evaluarse el sustrato obtenido, ya que varían sus características agronómicas, como disponibilidad de nutrientes, acidez, salinidad, condiciones físicas y por ende sus propiedades y comportamiento posterior, lo que determina calidad de plantines, precocidad, sanidad, rendimiento final, etc.

Existen en el país antecedentes de investigación sobre esta temática, destacándose los realizados por: PROBIDES (Proyecto para la biodiversidad y desarrollo sustentable), INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria) y Facultad de Ciencias de la Universidad de la República (Cátedra de Ecología) y Facultad de Agronomía.

El PROBIDES busca alternativas productivas para los pequeños productores en la zona este del departamento de Rocha, se han desarrollado actividades como la horticultura orgánica y la producción de compost y vermicompost. Los sustratos que se emplearon en este ensayo fueron elaborados en base a materiales aportados por productores que apoya dicha institución.

El INIA, (en los últimos años), ha trabajado en la evaluación de sustratos para la producción de plantines. Evaluó el efecto de un vermicompost producido por un frigorífico uruguayo de vacunos a partir de desechos ruminales, en la producción de plantines de tomate y morrón. Se concluye que si bien el vermicompost puede presentar problemas de malezas y nivel de nutrientes muy variable, los resultados obtenidos son muy alentadores y constituyen un punto de partida para próximas investigaciones en el tema (Arbolea, J. ; Docampo, R. 1995, com. pers.). En otro ensayo comparó el vermicompost con un sustrato comercial, obteniendo como resultado que con el primero se obtuvieron plantines de lechuga en mayor cantidad y de mejor calidad, siendo además menor la fertilización nitrogenada (Strauch, M.; Gilsanz, J. 1995, com. pers.)

La Facultad de Ciencias a través de la Cátedra de Ecología, viene trabajando desde el año 1987 en el estudio del comportamiento de la lombriz tipo californiana y su efecto en el procesamiento de la basura orgánica y restos vegetales del Mercado Modelo.

El trabajo de tesis "Evaluación Agronómica de Sustratos Orgánicos en la Producción de plantines de morrón", se encuentra dentro de las líneas de investigación y docencia que está llevando a cabo la Cátedra de Horticultura de la Facultad de Agronomía desde 1990, "Proyecto de producción de plantines y Proyecto de manejo de suelos y recuperación de su materia orgánica".

Mediante la realización del presente trabajo se pretende contribuir a los conocimientos existentes referentes a la obtención de plantines en contenedor y al uso de sustratos de diferente origen usados en mezcla con suelo en diferentes proporciones, así como determinar la importancia de evaluar las características de éstos en el momento de optar por las diferentes alternativas existentes. Se usaron diferentes sustratos en la obtención de plantines de morrón, de la variedad Maor. El morrón es un cultivo de gran importancia en el Uruguay, de larga tradición, que está experimentando el cambio de producir mudas en almácigo a campo, a contenedores bajo protección y que se adecua a la técnica de obtención de plantines por esta metodología.

En el presente trabajo final se planteó el siguiente objetivo:

Evaluar el comportamiento agronómico de sustratos provenientes de materiales orgánicos compostados y vermicompostados, en mezclas con suelo en diferentes proporciones, a través de:

- * Evaluar crecimiento y vigor de los plantines de pimiento.
- * Caracterizar físico-químicamente los sustratos.

Las hipótesis centrales son:

* Es posible obtener buenos plantines (tamaño, vigor, sanidad) utilizando sustratos con buenas características físicas y químicas, que permitan desarrollar un buen sistema radicular.

* La materia orgánica mejora las condiciones físicas y químicas de los suelos. Los materiales orgánicos compostados desarrollan buenas características físicas y químicas. Estos materiales mezclados con suelo le confieren mejores cualidades.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 INTRODUCCIÓN

La revisión realizada está dirigida a cuatro grandes temas, que son fundamentales considerar en la evaluación agronómica de sustratos orgánicos para la producción de plantines de morrón: abonos orgánicos, medios de cultivo y sustratos, agua de riego y el cultivo de morrón.

Cuando se pretende usar un determinado sustrato, es importante conocer sus propiedades físicas, químicas y biológicas, las que permiten caracterizarlo y detectar defectos o bondades.

Dado que existen en el país posibilidades de usar compost y vermicompost como mezclas en la obtención de sustratos, se analizan sus propiedades y proceso de elaboración.

Debido a la importancia del agua de riego en la producción de plantines en contenedores, se hizo una revisión de las principales características que determinan la calidad de ésta y sus efectos sobre las plantas regadas.

Por otra parte se realizó un estudio detallado de la especie a producir, fundamentalmente en lo que respecta a las primeras etapas de desarrollo. Se analizaron los procesos de germinación, crecimiento y desarrollo del plantín, así como los principales factores que inciden sobre estos. De esta manera se pretende comprender mejor la respuesta vegetal obtenida en el ensayo, frente a los diferentes sustratos evaluados.

2.2 ABONOS ORGÁNICOS

2.2.1 La materia orgánica

Según Dalzell, H.W. et. al. 1991 la materia orgánica presente en los suelos se compone de sustancias húmicas, animales y plantas muertas. Está compuesta por carbono, oxígeno e hidrógeno, además presenta elementos inorgánicos como nitrógeno, fósforo y

potasio. La materia orgánica, puede almacenar gran cantidad de agua y retener hasta diez veces más nutrientes que los minerales arcillosos. La tasa de descomposición de la materia orgánica es alta en suelos tropicales y subtropicales debido a la alta temperatura, por lo que es frecuente no poder mantenerla en niveles elevados. Se deben realizar esfuerzos para aumentar dichos niveles ya que la materia orgánica afecta a casi todos los procesos del suelo.

Por su parte Kiehl, E. J. 1985, dice que materia orgánica desde el punto de vista químico, es toda sustancia que presenta en su composición carbono tetravalente, teniendo sus cuatro valencias ocupadas con hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre u otros elementos. En la naturaleza existen tres reinos: mineral, vegetal y animal, la materia orgánica comprende las sustancias que provienen de los reinos que poseen órganos, el animal y el vegetal.

De acuerdo a Primavesi, A. 1990, el concepto de materia orgánica es por lo general bastante vago. Se sabe que es indispensable para la conservación de la micro y meso vida del suelo. Por otra parte la bioestructura y toda la productividad del suelo se basa en la presencia de materia orgánica en descomposición o humificada. Según esta investigadora, materia orgánica es toda sustancia muerta del suelo que provenga de plantas, microorganismos, excreciones animales, meso y macrofauna muerta. Las raíces vivas no constituyen materia orgánica.

Por el contrario Henis, Y. 1986 maneja otro concepto de materia orgánica, la divide arbitrariamente en organismos vivos (plantas, animales, microorganismos), fracción muerta de origen animal y microbiano bajo diferentes estados de descomposición, y el humus que comprende el estado final del proceso.

Para este autor, el humus deriva de residuos de plantas, animales y microbios, como también de productos de síntesis microbiana que ocurren durante su formación. Su lenta mineralización asegura un constante suministro de elementos esenciales para el crecimiento de las plantas. Los microorganismos del suelo constituyen un vasto escenario compuesto de bacterias, actinomicetes, otros hongos, protozoos, levaduras, algas, lombrices e insectos.

A continuación se presenta el número de microorganismos por gramo de suelo y el contenido de materia orgánica en un suelo arable (Cuadro 2.1).

Cuadro N° 2.1 Composición típica de un suelo arable

Microorganismos	Número/gr. de suelo	Peso seco (Kg./Há)
Bacterias, Actinomicetes	3 x 10.9	700
Protozoos	3 x 10.4	35
Hongos	40 mts de micelio vivo/gr.	350
Otra fauna		100-200
Total		1200-1300
Materia orgánica		65-70 Ton/Há en 1 ^{os} 15 cm

Fuente: Rusell, E. citado por Henis, Y. 1986.

Por lo general el nivel de microorganismos del suelo esta correlacionado con el nivel de materia orgánica, la que esta asociada con los primeros 30-40 cm de suelo. Bajo condiciones óptimas de humedad y temperatura, un determinado suelo puede soportar cierto nivel de organismos de una composición típica, no obstante si las condiciones cambian, tanto el nivel como la composición cambian. Estas variaciones en las condiciones pueden ocurrir diariamente, e incluyen secado y humedecimiento, congelado y deshielo, calentamiento y enfriamiento y fumigación.

El suelo debe ser considerado como un sistema vivo, compuesto de muchas criaturas individuales que respiran, digieren nutrientes como glucosa, liberan amonio de los aminoácidos y fosfatos de los ácidos nucleicos, responde a los venenos metabólicos y libera calor durante la descomposición de la materia orgánica (Henis, Y. 1986).

Además del humus, forman parte de la materia orgánica del suelo, otra serie de sustancias, de naturaleza orgánica pero consideradas no huminicas, con una gran importancia como fuente de elementos para la nutrición vegetal, que participan en gran cantidad de procesos ligados a las propiedades químico-físicas del suelo, y que además actúan suministrando elementos bioactivos, fitorreguladores, vitaminas y antibióticos a los vegetales (Labrador, J. 1995).

Normalmente el contenido de materia orgánica de un suelo es pequeño, entre 3 y 5 % en peso de la capa superficial de un suelo típico, pero la influencia en sus propiedades, y

por lo tanto en el crecimiento de las plantas, es no obstante, mucho mayor que lo que puede hacer creer este pequeño porcentaje (CELADU, 1992).

La materia orgánica contribuye al crecimiento de las plantas a través de sus efectos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Influye sobre la disponibilidad de nutrientes para el crecimiento vegetal y tiene tanto un efecto directo como indirecto. Directo ya que sirve como fuente de nutrientes a través de su mineralización por los microorganismos del suelo, e indirecto ya que se requiere como fuente de energía para la fijación bacteriana del nitrógeno (Silva, A. 1991).

Por otra parte la materia orgánica tiene un profundo efecto sobre la estructura de muchos suelos. La aireación, la capacidad de retener agua y la permeabilidad son afectados favorablemente por el humus. La frecuente adición de residuos orgánicos fácilmente descomponibles conduce a la síntesis de compuestos orgánicos que unen partículas de suelo en unidades estructurales llamados agregados. Estos ayudan a mantener una condición suelta, abierta, granular del suelo, lo que permite infiltrar el agua y que se dé un intercambio de gases con la atmósfera.

En opinión de Fassbender, H. 1978, la materia orgánica está constituida por los compuestos de origen biológico que se presentan en el suelo. El edafón consiste en los organismos vivientes del suelo o sea su flora y su fauna. En el horizonte A de los suelos cultivados, el edafón constituye entre un 10 -15% de la materia orgánica. El humus está compuesto por los restos postmortales vegetales y animales, que se encuentran en el suelo y están sometidos constantemente a procesos de descomposición, transformación y resíntesis. De esta manera se diferencian los conceptos de materia orgánica y humus.

De acuerdo a lo expresado por Silva, A. 1991, el humus incrementa la habilidad del suelo de resistir la erosión ya que le permite absorber más agua y promueve la granulación. En un suelo bien estructurado, las partículas individuales, no son fácilmente transportadas por el agua superficial en movimiento. La materia orgánica, es también fuente de energía para los microorganismos y microfauna del suelo. Un alto porcentaje de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), de muchos suelos es causada por sustancias húmicas coloidales. Por otra parte, el humus posee poder buffer en un amplio rango de pH.

Para Fassbender, H. 1978 la importancia de la materia orgánica se explica por la influencia que tiene sobre muchas de las características de los suelos, como: cambiar el color a tonos oscuros, favorecer la formación de agregados, reducir la plasticidad, aumentar la capacidad de retención de agua, aumentar la capacidad de intercambio catiónico, aumentar la capacidad tampón del suelo, favorecer la disponibilidad de nutrientes a través de los procesos de mineralización.

2.2.2 Características generales de los abonos orgánicos

A lo largo de la historia, los abonos orgánicos, fueron usados como un recurso para aumentar la fertilidad de los suelos y por ende mejorar la producción de los cultivos. Los residuos orgánicos eran la única vía de adicionar nitrógeno y otros nutrientes hasta que se desarrollaron los fertilizantes químicos.

El uso de materiales orgánicos va unido a la actividad agrícola desde sus orígenes y su empleo ha estado ligado, de manera histórica, directamente con la fertilidad y productividad de los suelos de cultivo. El progreso en las estructuras agrarias y los avances tecnológicos, dieron paso a una serie de mejoras importantes en la forma de producción, sin embargo, han sido la causa de la pérdida, a menudo irreversible, del equilibrio dinámico mantenido, durante milenios, entre el hombre y su medio agrícola (Labrador, J. 1995).

Actualmente, la industria química provee fertilizantes químicos concentrados, que son más fáciles de manejar y distribuir. Este desarrollo dejó de lado el uso de residuos orgánicos como una fuente de nutrientes. En muchos lugares, los residuos orgánicos están comenzando a ser un problema antes que un recurso. Estas tendencias están siendo cuestionadas por un creciente número de científicos y productores (Avnimelech, Y. 1986).

Muchos análisis que comparan abonos orgánicos e inorgánicos, parten de la base de que los nutrientes contenidos en el abono orgánico y los contenidos en la sal fertilizante son equivalentes. Asumir esto, es posiblemente un error, debido a una serie de mecanismos y circunstancias. La mayor diferencia, entre las fuentes orgánicas e inorgánicas de nutrientes, es la tasa a la que son liberados los nutrientes; gran parte de los fertilizantes son solubles y los nutrientes son liberados inmediatamente a su aplicación al suelo. Esta liberación instantánea es a veces una desventaja, ya que el amonio, es volatilizado desde la

superficie, el nitrato en exceso percola por debajo de la zona de exploración radicular y una gran proporción del fósforo aplicado es fijado.

Como respuesta frente a estos problemas, se desarrollaron los fertilizantes de liberación lenta. Los abonos orgánicos son en esencia fertilizantes de liberación lenta, los nutrientes son liberados lentamente, desde los materiales orgánicos agregados, a través del proceso de mineralización inducido por la población microbiana del suelo. Los abonos orgánicos son una fuente estable de amonio, esencial para obtener buenos rendimientos. Además en muchos casos, los nutrientes son liberados en formas más accesibles, como por ejemplo, quelatos de micronutrientes (son más solubles) o fósforo orgánico.

Este tipo de abonos también tiene efectos favorables sobre las propiedades físicas del suelo. El más comúnmente citado, es la mejora de la estructura del suelo, la cual es una función compleja, que involucra, cohesión y adhesión entre partículas individuales y agregados. La estabilidad del suelo, frente a condiciones variables de humedad y compactación, está en función del arreglo geométrico y la orientación de las partículas y los agregados. Los diferentes parámetros del suelo, combinados bajo determinada estructura, afectan procesos como: la infiltración, erosión, crecimiento radicular, distribución del aire y el agua a través de los poros, consumo de energía para trabajar el suelo, germinación de la semilla, etc. (Avnimelech, Y. 1986).

De acuerdo a lo expresado por Gómez, P. 1978, el abonado orgánico es la base de la productividad de los suelos. La reducción del porcentaje de materia orgánica existente en el suelo, lo perjudica física y químicamente, redundando en consecuencia en una gran baja de la producción. Algunos abonos orgánicos son empleados en grandes cantidades y son pobres en sustancias nutritivas. Valen principalmente por la materia orgánica que llevan al suelo, la que se va a descomponer y formar el humus. Los abonos orgánicos no valen solo por las sustancias nutritivas que contienen, sino por los efectos benéficos que desenvuelven en los suelos.

2.2.3 Compost

2.2.3.1 Antecedentes históricos del compostaje

Según Dalzell, H. W. et. al. 1991, el compostaje de desechos orgánicos ha sido practicado, en alguna medida, durante cientos de años por parte de agricultores y horticultores en muchas partes del mundo. Probablemente, el ejemplo mas significativo es el de los chinos. El compostaje, como lo practican ellos, ha cambiado muy poco a lo largo de los siglos, siendo en esencia una operación a pequeña escala. Al adoptar el mundo occidental el proceso durante el presente siglo, se ha progresado en la comprensión de los principios involucrados, lo cual ha permitido su aplicación a gran escala en el tratamiento continuo de los desechos.

Durante el período comprendido entre 1926 y 1941, Waskman y colaboradores realizaron importantes investigaciones en cuanto a la preparación del compost, a partir de estiércol animal en mezcla con restos de plantas. En 1953, fueron instalados experimentos para el compostaje de basura en la Universidad de California, cuyos resultados comprobaron los obtenidos por Wolny, Howard, Waskman y otros investigadores, esto es, la influencia que tienen factores tales como: microorganismos, humedad, aireación y temperatura en la descomposición de la materia orgánica. Además de estos factores fue también constatada la importancia de la relación carbono/nitrógeno, de la fragmentación y granulometría de la materia orgánica, del índice pH y de los nutrientes minerales.

2.2.3.2 Composición y características de los compost

En opinión de Vogtmann, H. 1987, el factor más importante, para un compostaje exitoso, es la composición del material a compostar. Esto es así, porque el proceso es llevado a cabo por la actividad microbiana. Se debe considerar la relación C/N, la humedad y la aireación.

De acuerdo a lo expresado por Smith, M. 1994, el compost es un conjunto de plantas y/o animales descompuestos. Cuando está correctamente elaborado el pH del producto final está cercano a la neutralidad, una relación C/N de 15/1, la mayoría de las semillas de malezas y los organismos patógenos que venían con el material original son

destruidos y el material ofrece un suministro de nutrientes de liberación lenta y bien balanceado.

Por lo menos un 25 % del peso del compost son microorganismos vivos o muertos. Los muertos contribuyen al humus del suelo, mientras que los vivos liberan nutrientes disponibles para las plantas, desde el compost. Algunos de estos organismos, también compiten o se alimentan de insectos plaga y de patógenos, dando protección a las plantas que crecen en los suelos donde ellos están presentes. La habilidad del compost para proteger las plantas de plagas y enfermedades también se extiende a la parte foliar, mediante aplicaciones de extracto de compost disuelto con agua (Smith, M. 1994).

El compost puede variar en el contenido de nutrientes y en sus efectos sobre el cultivo. Un compost bien hecho posee un buen balance de nutrientes y lleva muy pocas semillas de malezas, pero uno hecho sin la suficiente atención puede ser muy deficiente en nitrógeno y tener una buena cantidad de semillas de malezas (Smith, M. 1994).

Según Dalzell, H. W. et al 1991, un compost razonablemente maduro, es un material migajoso marrón-negro. Al menos, el 80 % pasa a través de una malla con orificios de 5 mm de diámetro cuando es elaborado a partir de residuos agrícolas. Se pueden reconocer algunos pequeños restos de aspecto pajizo o de tallo, por lo demás, no puede ser distinguido el carácter de los restos originales, presenta un claro olor a tierra. Una vez que el compost se incorpora al suelo, realiza contribuciones biológicas, químicas y físicas que modifican la fertilidad del mismo.

2.2.3.3 Propiedades biológicas

En opinión de Dalzell, H. W. et. al. 1991, el compost al final del proceso de descomposición tiene una enorme cantidad de microorganismos. La aplicación de compost no solo añade mucha vida microbiana, sino que suministra alimento para los microorganismos presentes en el suelo. Los microorganismos, en su ataque continuado a la materia orgánica, ayudan a la liberación de mucilagos que favorecen la agregación, así como micelios o hifas de hongos y actinomicetes.

Algunos hongos en esta situación forman asociaciones llamadas micorrizas, con las raíces de ciertas plantas y árboles. Estos "puentes" son beneficiosos para la transferencia de nutrientes desde el suelo a la planta.

Este mismo autor sostiene que una población muy activa de microorganismos de muchas especies diferentes, ayuda a controlar los organismos causantes de enfermedades patógenas que atacarían a las plantas. Además, algunos hongos predadores tienen la habilidad de atrapar y matar pequeños nemátodos, que atacan frecuentemente al sistema radicular de pepinos, papas y tomates.

Algunos microorganismos parecen ser capaces de atacar y descomponer, o al menos modificar, algunos de los productos agroquímicos, como herbicidas y pesticidas que son usados en las operaciones agrícolas (Dalzell, H. W. et. al. 1991).

2.2.3.4 Propiedades físicas

Cuando se aporta compost al suelo, se ejerce un efecto muy beneficioso sobre la estructura del mismo. El compost cambia gradualmente a humus, que es una materia coloidal, que junto a los mucilagos e hifas de ciertos microorganismos, ayuda a las partículas de suelo a agruparse en agregados migajosos o gránulos. También contribuye al aumento del número de lombrices de tierra que horadan el suelo. De esta manera, disminuye la densidad aparente del suelo, mientras que aumenta la porosidad, y por tanto, el intercambio de aire con la atmósfera. Estos cambios, facilitan la penetración de raíces y la percolación del agua de lluvia a través del suelo. La adhesividad se reduce también, lo que hace más fácil su laboreo.

La materia orgánica puede absorber y retener cantidades considerables de agua, frecuentemente de 5 a 6 veces su propio peso. Por tanto la aplicación de compost aumentará mucho la retención de agua en los suelos.

Por otra parte, la buena estructura de un suelo, con un contenido alto de materia orgánica, ayuda a absorber la energía de las gotas de lluvia, de esa manera el efecto del impacto es reducido, en condiciones de lluvias muy intensas. Actualmente, uno de los mercados principales, para el compost municipal en Francia y Alemania es para uso en viñedos en pendientes elevadas (Dalzell, H. W. et. al. 1991).

2.2.3.5 Propiedades químicas

La preparación del compost es esencialmente a partir de desechos orgánicos. Durante este proceso se liberan al aire mucho carbono, hidrógeno y oxígeno y un poco de nitrógeno, mientras que los elementos restantes permanecen en el producto. La composición química refleja la naturaleza de los desechos a partir de los cuales se prepara el compost.

Dalzell, H. W. et. al. 1991, sostiene que en los compost, a diferencia de los fertilizantes solubles, los principales nutrientes no están inmediatamente disponibles para su absorción por las plantas. En climas templados la disponibilidad en el año de la aplicación es: nitrógeno 25 %, fósforo 100 %, potasio 80 %. El bajo valor del nitrógeno, se debe a que se encuentra fuertemente ligado en la proteína de los cuerpos de los microorganismos y en el humus y solo es liberado en la mineralización.

Por otra parte, el agregado de compost aumenta la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo y puede mejorar significativamente la absorción por parte de la planta, de los nutrientes aportados por fertilizantes minerales.

El compost al descomponerse libera dióxido de carbono y agua, con lo que aumenta la concentración de dióxido de carbono en el suelo y justo por encima de la superficie. Esto puede ayudar a incrementar la asimilación de carbono por las plantas, se cree que esto explica gran parte del aumento de las producciones, cuando los cultivos son fuertemente abonados con compost (Dalzell, H. W. et. al. 1991).

2.2.4 Vermicompost

2.2.4.1. Características generales de la lombriz

De acuerdo a lo expresado por Compagnoni, L. et. al. 1990 las virtudes de la lombriz ya eran conocidas en el antiguo Egipto, e incluso la fertilidad del valle del Río Nilo se atribuía en parte a este anélido.

Los primeros estudios profundos sobre el tema y las primeras nociones sobre el hábitat y el sistema de reproducción de las lombrices datan de 1837. Fueron dirigidos por el

biólogo y naturalista Charles Darwin, que dedicó a la lombriz muchas horas de profundo estudio.

Mustin, M. 1987. menciona que el lombricompostaje es una técnica relativamente reciente, desarrollada a pequeña escala en diferentes países a partir de 1930 para la producción de lombrices de tierra como cebo para la pesca.

Según Ferruzi, C. 1994. en tiempos más recientes, en Estados Unidos, el señor Hugg Carter inició en 1974 su producción de lombrices y algunos años más tarde el gobierno de los Estados Unidos estableció ayudas y subvenciones especiales, para aquellas personas que desearan iniciar esta nueva actividad. Según este mismo autor en Berna (Suiza), en San Francisco (USA) y en el Japón se están preparando importantes instalaciones que prevén una transformación diaria de 150 toneladas de virutas y otros residuos.

En Italia la cría de lombrices se ha comenzado a desarrollar aproximadamente hace 15 años y hoy son los primeros en Europa. En este país se las utiliza en el procesamiento de materiales orgánicos en descomposición tanto animales como vegetales (Compagnoni, L. et. al. 1990).

En la década del ochenta esta tecnología se enfoca con carácter industrial en el Cono Sur. En 1985 se realizan en Cuba las primeras experiencias en lombricultura. El desarrollo de una línea de investigación sobre el tema, ha convertido a este país en uno de los principales productores y difusores.

En la actualidad entre los países productores se destacan Brasil, Chile, Argentina y Perú. Brasil se presenta a nivel regional como el país con más experiencia en el tema, ya que existen asociaciones de agricultores dedicados exclusivamente a la lombricultura y a la comercialización de sus productos. Asimismo a nivel de Universidades y Estaciones Experimentales existen importantes líneas de investigación sobre el tema (CELADU, 1992).

Por otra parte son citados en la bibliografía muchos otros usos de la lombriz, por ejemplo como harina, puede ser usada como fuente de proteína en las raciones, puede ser empleada en la alimentación de ranas, peces, aves y conejos, e incluso formar parte de la alimentación humana.

La lombriz puede ser utilizada tanto para la preservación de terrenos en buenas condiciones biológicas, como también en la recuperación de terrenos ya erosionados o compactados.

2.2.4.2 La lombriz roja californiana o Red Hibrid

Son denominadas lombrices en forma genérica, a los invertebrados pertenecientes al tipo Anélidos, dentro del cual las lombrices utilizadas en cultivos pertenecen a la clase Choetopoda (Oligoquetos) que comprende más de 1800 especies, de las cuales 6 son comunes en todo el mundo.

Muchos autores las clasifican desde el punto de vista práctico, según su pigmentación, en Rojas y Grises. En lombricultivos a nivel comercial las especies seleccionadas son del grupo Rojo, dentro del cual se destacan: *Eisenia phoetida*, *Lumbricus rubellus*, *Rhinodrilus alatus*, *Glossocolex* sp. y *Eudrilus eugineae* (CELADU, 1992).

De acuerdo a lo expresado por Fuentes Yague, J. L. 1987 la lombriz roja o Red Hibrid cuando es adulta, mide de 5 a 6 cm., su diámetro oscila entre 3 y 5 mm., es de color rojo oscuro y pesa aproximadamente 1 gramo. Si las condiciones del medio le son favorables, puede ingerir diariamente una cantidad de comida equivalente a su peso, y expele un 60 por ciento en forma de humus.

Esta lombriz es conocida como "californiana", ya que fue en este estado de los EE.UU., donde se desarrollaron a partir de los años cincuenta los primeros criaderos intensivos. Normalmente vive en zonas con clima templado y posee gran longevidad (hasta 16 años), así como una gran prolificidad puesto que anualmente puede producir hasta 1.500 pequeñas lombrices (Ferruzi, C. 1994).

Su alimentación, de acuerdo a lo expresado por Compagnoni, L et. al. 1990, consta exclusivamente de materiales en estado de putrefacción, poseyendo una gran cantidad de enzimas que le facilitan la digestión del alimento. Este animal es prácticamente un largo tubo digestivo, todas las materias que ingiere pasan a través de su intestino, allí son transformadas y se expulsan en forma de humus.

Longo, A. 1993, menciona que en el Brasil la lombriz roja es la más apropiada para explotaciones que producen vermicompost con fines comerciales, pero el agricultor que desee producir para aprovechar los residuos de su propio establecimiento, puede utilizar variedades nacionales de lombriz, que si bien presentan la desventaja de ser un poco menos productivas, son las únicas que reciclan la materia orgánica con poca cantidad de estiércol.

2.2.4.3 Composición y características de los vermicompost

Compagnoni, L. et. al. 1990 expresa que los únicos agentes responsables de la formación de ácidos húmicos y humatos son las células microbianas, debido a su acción fermentativa. Por lo tanto, hay que suponer que los contenidos húmicos del compuesto existen antes de la digestión de la lombriz, o se forman después, durante el periodo de maduración de la masa orgánica.

Una característica común a todos los compuestos fertilizantes, es que hay que someter al sustrato del que se parte a una serie de transformaciones, las cuales, para obtener un abono húmico completo, deben producirse del modo apropiado. Este proceso de transformación es lo que comúnmente se denomina compostaje. La acción de la lombriz, sobre la masa orgánica sometida a compostaje, incide en todas las fases fermentativas, aunque de modo especial sobre la sustancia orgánica, cuando ésta ya ha sido colonizada por toda la microflora.

El tubo entérico puede transportar enormes cantidades de material orgánico, sobre el cual ejerce una acción digestiva en el sentido más amplio del término. En todo este proceso, la lombriz no tritura los materiales fibrosos (ligninas, celulosas, hemicelulosa, etc.), sino que estos pasan a través del aparato entérico, sin experimentar ninguna alteración. Lo cual significa que la acción de la lombriz nunca llega a tener un efecto humogenético, o sea, no produce ácidos húmicos.

Por otra parte Kiehl, H. 1985, dice que la acción de las lombrices en el compost es más mecánica que biológica. La mezcla y la aireación del compost, así como la trituración de los residuos orgánicos, que pasan por el tracto digestivo de estos oligoquetos es un proceso puramente mecánico. El efecto bioquímico está en la descomposición de la materia orgánica por los microorganismos existentes en los intestinos de las lombrices, de donde los

residuos salen más ricos en nutrientes asimilables por las plantas. Solo los microorganismos producen humus.

Silva, A. 1991, afirma que la acción microbiana puede mineralizar o inmovilizar el nitrógeno. El principal factor que determina cuál de los dos procesos va a ocurrir es la relación C/N.

Por otra parte Loquet et. al. 1977, citado por Vogtmann, H. 1987, afirman que se encuentra una alta densidad poblacional de bacterias descomponedoras de celulosa y también de bacterias fijadoras de nitrógeno (hasta el 44% del total) justamente en el área de las galerías revestidas con excrementos de las lombrices.

De acuerdo a Compagnoni, L. et. al. 1990, en la fase termófila, durante el compostaje, se eliminan los microorganismos mesófilos. Los microhongos prácticamente mueren, se rompe la membrana celular y el contenido citoplasmático se difunde en el medio. Algunos componentes interiores de la célula (antibióticos, fitohormonas, fitoauxinas, citoquininas, etc.) en presencia de estas temperaturas, quedan inactivados y descompuestos, con lo que pierden su actividad bioestimulante. El resultado es que en general en todos los tipos de compost se aprecia un nivel aceptable de ácidos húmicos pero se constata la carencia de bioestimulinas.

Ahora, cuando el compostaje se asocia a la acción de la lombriz, el fenómeno queda corregido. El tubo digestivo de la lombriz destruye también la célula fúngica, porque su contenido, siendo el microhongo más rico en proteínas que la bacteria, constituye para ella un nutriente más apetecible, además, la membrana celular del hongo es menos cuticular que la bacteriana, y por lo tanto más digerible.

La destrucción del microhongo se produce a la temperatura del tubo entérico de la lombriz, por consiguiente, no tiene efecto el violento shock térmico que da lugar a la acción de los termófilos. Como consecuencia de ello, se evita la inactivación de todos los compuestos bioestimulantes presentes en el citoplasma de los microhongos, que son notablemente termolábiles (Compagnoni, L. et. al. 1990).

De acuerdo a este mismo autor, la clave para evaluar de manera exacta los datos analíticos de un vermicompost, está dada por tres valores fundamentales: densidad microbiana, contenido en materia orgánica y contenido en ácidos húmicos totales.

Cuadro N° 2.2 Análisis de un vermicompost en base a estiércol de bovino

Componente	Valores
materia orgánica	55-70% sobre la materia seca
humedad	30-40% sobre la materia seca
ácidos húmicos	4-17% sobre la materia seca
pH	6,7-7,2
población microbiana	
bacterias (en 1 g.)	1.000 millones de células
actinomicetes (en 1 g.)	24 millones de células
microhongos (en 1 g.)	4.500 millones de células
nutrientes minerales	
nitrógeno total	1,5-2% sobre la materia seca
anhidrido fosfórico	2-2,5% sobre la materia seca
óxido de potasio	4-6% sobre la materia seca

Fuente: Compagnoni, L. et. al. 1990.

La densidad microbiana que figura en el cuadro 2.2 es óptima, tanto en recuento microbiano total, como en distribución taxonómica de los grupos. El contenido en materia orgánica es muy variable, lo que se debe a las variaciones en el contenido de fibra del estiércol.

El contenido de ácidos húmicos resulta ser el índice de valoración más significativo. Si el vermicompost presenta un contenido próximo a los valores mínimos, quiere decir que el material orgánico de partida se ha utilizado fresco y no previamente compostado; si por el contrario, el contenido en ácidos húmicos se aproxima a los valores máximos, significa que se ha utilizado un material bien compostado y humificado(Compagnoni, L. et. al. 1990).

Cuadro N° 2.3 Composición promedio de un vermicompost

Componente	Porcentaje sobre el peso total
materia orgánica	30-50
nitrógeno	1,5-3,0
fósforo	2,5-5,0
potasio	0,6-1,5
carbono orgánico	20-28
humedad	50
pH	7

Fuente: Longo, A. D. 1993

Como se desprende de los cuadros anteriores los componentes y la forma en que estos son cuantificados en cada análisis son diferentes según la fuente consultada, de todas maneras resalta su alto contenido de materia orgánica, su alta población microbiana, su elevado contenido en nutrientes y su pH cercano a la neutralidad.

En opinión de Ferruzi, C. 1994, el vermicompost constituye un auténtico fertilizante biológico, en términos de materia orgánica y de población microbiana. El humus de lombriz debe su enorme valor sobre todo a la flora bacteriana que contiene y debería ser llamado elemento corrector, en lugar de elemento fertilizante.

Por otra parte Meinicke, A. C. 1988, en experiencias realizadas sobre suelos, observó que las raíces de las plantas prefieren crecer a través de los túneles de las lombrices, y al encontrar montoncitos de heces, forman un entrelazado de pelillos absorbentes. En los experimentos de laboratorio, observó, que la estabilidad al agua de los suelos que poseen lombrices es mayor que en aquellos que no las poseen.

Del mismo modo Vogtmann, H. 1987, manifiesta que la lombriz a medida que se desplaza por el suelo se va alimentando de partículas de tierra, sustancias orgánicas, microflora y microfauna, y va construyendo una ramificada red de galerías. Esto tiene un efecto positivo sobre la circulación de aire y agua en el suelo y en la capacidad del suelo de retener ambos elementos, beneficiándose los organismos de la microfauna que viven en las galerías y las raíces de los vegetales en desarrollo.

Han sido varias las explicaciones que se han dado para establecer por qué los excrementos de las lombrices forman agregados estables. Se ha sugerido que los agregados son simplemente reforzados mecánicamente, a través de filamentos de haces vasculares de restos de plantas ingeridas. Se consideró también, que las partículas son cementadas unas con otras, en el intestino de las lombrices por los humatos de calcio formados a partir de la materia orgánica descompuesta ingerida y la calcita excretada por las glándulas calcíferas.

Sin embargo, la mayor parte de los investigadores concuerdan en que los materiales de estabilización se originan a partir de las poblaciones de microbios que se desarrollan en las heces en el intestino, o posteriormente en los excrementos. Se encontró también, que la actividad de las lombrices aumenta considerablemente el tenor del suelo en elementos minerales solubles (Meinicke, A. C. 1988).

De acuerdo a lo expresado por Compagnoni, L. et. al. 1990, los componentes del humus que juegan un papel determinante en la acción fertilizante son tres: la microflora, los ácidos húmicos y las fitoestimulinas. La microflora es importante en cuanto a su densidad y sobre todo el tipo, es decir géneros y especies presentes. Las fitoestimulinas si bien no son verdaderos nutrientes, ejercen un efecto intensamente estimulante en el crecimiento de la planta.

El humus de lombriz es particularmente rico en estas fitoestimulinas. Entre las fitohormonas las más sobresalientes son las giberelinas, las citoquininas y las auxinas, que en el vermicompost registran los siguientes valores medios de concentración.

Cuadro N° 2.4 Contenido de fitohormonas en el vermicompost

Fitohormona	Contenido *
Giberelinas	2,05 a 2,75
Citoquininas	1,05 a 1,08
Auxinas	3,07 a 3,80

* Unidades: microgramos/gramo de materia seca

Fuente: Compagnoni, L. et. al. 1990

2.2.5 Fabricación de Compost y Vermicompost en Uruguay

2.2.5.1 Probides-Facultad de Agronomía

A principios de 1995, ambas instituciones realizaron un trabajo tendiente a estudiar las posibilidades de reciclar la cáscara de arroz mediante el uso de técnicas de compostaje y vermicompostaje.

Cuadro N° 2.5 Composición de la cáscara de arroz

Componente	Porcentaje
Materia orgánica	55 %
Relación C/N	39/1
Nitrógeno	0,78 %
P ₂ O ₅	0,58 %
K ₂ O	0,49 %
Si	20 %

Fuente: Díaz, R. 1995.

Puede observarse que la relación C/N no es limitante para su degradación, pero la superficie de la cáscara está cubierta de ceras que impiden su humedecimiento y esto imposibilita el ataque microbiano. Esto lo convierte en un material de difícil degradación y por lo tanto en un problema como residuo.

Algunos autores citan como una dificultad adicional para su degradación el alto contenido en Silicio (Si). Trabajos realizados por Zorrilla et. al. 1995, concluyen que el Silicio presente en este residuo no es impedimento para el crecimiento microbiano. Existe además el antecedente del trabajo realizado en Tacuarembó por Malvárez, G. en 1994 donde se comprobó que las lombrices son capaces de procesar sustratos con alta proporción de este material.

En base a lo anterior, los objetivos del trabajo desarrollado consistieron en degradar la cáscara de arroz mediante compostaje y vermicompostaje, para obtener abonos orgánicos. En este marco se evaluó el efecto del agregado de diferentes fuentes de nitrógeno e inóculo (estiércoles de vaca, cerdo y ave).

Las conclusiones a que se llegó fueron:

* Se encontró menor nivel de nutrientes en el vermicompost respecto al compost, lo que podría deberse a la inmovilización de estos en la biomasa de lombriz.

* En el compost y vermicompost de cerdo se observó toxicidad que inhibió la germinación.

* En general los mejores niveles de germinación se obtuvieron en la mezcla con 25% de sustrato disminuyendo a medida que la proporción de éste aumenta.

* Desde el punto de vista nutricional, el aporte de macronutrientes sería bajo comparado con un fertilizante químico, por lo que se postula un efecto de mejorador de suelo y suplementador de oligoelementos.

2.2.5.2 Convenio IMM - Facultad de Ciencias

El convenio entre la Facultad de Ciencias y la Intendencia Municipal de Montevideo se desarrolló durante los años 1993 y 1994. En el marco de dicho convenio fue evaluada la posibilidad de reciclar desechos vegetales, provenientes del Mercado Modelo, con la lombriz *Eisenia foetida*, y obtener así vermicompost.

En este estudio se afirma que, en el Mercado Modelo se generan mensualmente 900 toneladas de desechos de frutas y hortalizas. Por otra parte, el costo en el que se incurre, al manejar estos desechos, asciende a 195.000 dólares anuales por concepto de personal, maquinaria y combustible, del que no se obtiene retorno. Además esto constituye un foco de contaminación no estimado, situación que sería necesario revertir.

Basándose en las experiencias de campo y laboratorio, se concluye que los desechos de frutas y hortalizas del Mercado Modelo son factibles de ser procesados por la lombriz *Eisenia foetida* y transformados en abono orgánico con alta concentración de masa microbiana, dicho material es capaz de sostener una alta población de lombrices, y sirve para el desarrollo y reproducción de los individuos.

De las observaciones realizadas bajo lupa, se pudo concluir, que las muestras de los productos presentes en el mercado como humus de lombriz, tienen una gama de materiales agregados que constituyen la mayoría de las veces material de relleno (conchilla, arena, gravilla, paja de arroz, o de otro origen, sin descomponer).

El vermicompost elaborado con desechos de frutas y hortalizas, cumplió con todos los requisitos de la legislación brasileña, dentro de los rangos bueno y óptimo en cuanto a contenido de nutrientes y estructura, siendo el de mejor calidad.

En lo referente a contenido de nutrientes, las muestras de Uruguay presentan mejor calidad frente a muestras de Brasil y Argentina, por otra parte en lo referente al contenido de materia orgánica, no existen diferencias significativas.

2.3 MEDIOS DE CULTIVO Y SUSTRATOS

2.3.1 Características generales de los almácigos

Por lo expresado por Nuez, F. 1996, hasta no hace mucho tiempo, la forma de obtener plantines era realizar un almácigo en el suelo y sembrar las semillas al voleo ó en líneas. El resultado, en muchas ocasiones, con este tipo de semilleros, era la obtención de plantas heterogéneas, ahiladas, débiles, deshojadas, muy endurecidas o excesivamente tiernas. Una vez plantados, los plantines sufren un gran paro vegetativo y fallos en la plantación, como consecuencia del estrés que supone el trasplante a raíz desnuda.

Todo lo anterior, junto con el hecho de que el precio de la semilla híbrida comercial alcanza un elevado precio, aconsejó a la mayor parte de los productores a encargar sus plantas a semilleros especializados, o a producirlas ellos mismos en contenedor, y realizar el trasplante con cepellón.

Las principales ventajas que presentan para el trasplante, las plantas de pimiento con cepellón, en comparación a las de raíz desnuda, son las siguientes:

- Al estar las raíces contenidas en el cepellón, no se rompen en el momento del arranque y posterior trasplante, evitándose además, el estrés que experimentan las plantas con raíz desnuda en suelos excesivamente fríos o calientes.

- Las plantas con cepellón adelantan su crecimiento y tienen una mayor precocidad de producción
- Si por cualquier circunstancia se producen fallos en el trasplante, es más fácil y cómoda la reposición de plantas, conservándose mejor la uniformidad en la plantación.
- Las plantas con cepellón permiten una mayor flexibilidad en la fecha de plantación, sobre todo si el tamaño del cepellón es suficientemente grande (Nuez, F. 1996).

Por su parte Amauri, A. 1991, manifiesta que el uso de recipientes en la producción de plantines mejora la uniformidad, precocidad y sanidad de las mudas obtenidas. Debido al hecho de no haber roturas de raíces en el trasplante, se evita o disminuye la incidencia de varias enfermedades, principalmente bacterianas y fúngicas, aumentando el número de prendimientos en el campo.

2.3.2 Evolución de los medios de cultivo

Los materiales orgánicos, probablemente, se utilizan como soporte para el cultivo de plantas desde comienzos de la historia del hombre, pero su documentación es escasa. Loudon, citado por Raviv, M et. al. 1986, menciona que en 1839 algunos materiales orgánicos eran usados como medio de crecimiento en invernáculos de vidrio. También brinda detalladas instrucciones para la preparación de estos materiales y afirma que en muchos casos se obtiene mejor crecimiento vegetal mezclando diferentes ingredientes.

Seguramente la primer motivación para cultivar plantas, en medios diferentes al suelo, fue la necesidad de transferirlas de un lugar a otro. Se cree que los primeros en usar la técnica de trasplantar árboles con tierra fueron los Egipcios. El filósofo Griego, Theophrastus, citado por Raviv, M et. al. 1986, discute en su libro "Sobre la historia de las plantas" algunos procedimientos rápidos de trasplante (302 años antes de cristo). Sin embargo, tomó cientos de años para que el cultivo de plantas en contenedores se generalizara y los agricultores comprendieran las ventajas que esta técnica ofrece.

En los últimos años, ha habido un espectacular desarrollo de las técnicas de cultivo de plantas en maceta y en contenedor. El medio de cultivo ha ido evolucionando, desde los basados en suelo mineral hasta las actuales mezclas, con una proporción mayoritaria de componentes orgánicos, tipo turba, corteza de pino y similares. Estos nuevos sustratos

proporcionan respuestas superiores a los basados en tierra, siempre que se conozcan y comprendan sus características y necesidades (Ansorena Miner, J. 1994).

En opinión de Resh, H. 1992 , un medio de cultivo sin suelo, tal como agua, arena, grava, aserrín, turba, piedra pómez, vermiculita, etc. puede suministrar el oxígeno, agua, nutrientes y soporte para las raíces de las plantas tan bien como lo hace el propio suelo.

Para Ansorena Miner, J. 1994, paralelamente a la evolución de las técnicas y medios de cultivo, se ha experimentado una importante ampliación del campo de aplicaciones de los sustratos. Por otra parte, el consiguiente aumento de la demanda se ha producido en un clima de creciente sensibilidad hacia el agotamiento de los recursos no renovables. Todo ello ha favorecido el aprovechamiento de materiales muy diversos, que hasta la fecha eran considerados como residuos no deseables.

Cuadro N° 2.6 Subproductos y residuos usados como ingredientes de sustratos

Origen	Productos
Industria de la madera	Corteza, serrín, viruta
Residuos urbanos	Hojasca, lodos de depuradora, residuos de jardinería, basuras.
Industria textil	Residuos de lino, lana y algodón.
Bioindustria	Gallinaza, estiércol de porcino, paja.
Industria alimentaria	Desechos de soja, desperdicios de frutas, cascarilla de arroz, etc.
Industria del tabaco	Polvo y restos de hoja de tabaco.
Recursos naturales	Lignito.
Industria del papel	Corteza, lodos de depuración.
Industria siderúrgica	Escorias de fundición.

Fuente: Ansorena Miner, J. 1994.

De acuerdo a lo expresado por Raviv, M. 1986, los productores, en la continua búsqueda de un sustrato esterilizable, que tenga buena capacidad de satisfacer las necesidades de los cultivos, han usado y usan varios tipos de materiales orgánicos e inorgánicos. La diferencia entre unos y otros radica en que los primeros están sujetos a la descomposición biológica. El polietileno, el poliestireno y el poliuretano son productos de la

química orgánica y no están sujetos a descomposición biológica, por consiguiente son considerados no orgánicos.

En opinión de Nuez, F. 1996, existen en el mercado diversos tipos de sustratos, siendo los más aconsejados las mezclas de turbas y vermiculita. Un sustrato, que durante mucho tiempo confeccionaron los agricultores con buenos resultados, fue el constituido por: 60% de turba negra, 25% de arena de río y 15% de tierra tamizada (porcentaje en volumen).

Por otra parte Ansorena Miner, J. 1994, afirma que el paso del cultivo en un tipo de medio de cultivo a otro se ha producido de manera gradual, sin que en la mayoría de los casos el agricultor tome conciencia de que las actuales mezclas representan un nuevo sistema de cultivo, más que un simple cambio de sustrato. En este sentido puede asegurarse, sin exageración, que el principal factor del que depende el éxito de un cultivo en contenedor es la calidad del sustrato.

2.3.3 Composición de los medios de cultivo

En la práctica, para valorar la calidad de un sustrato, no basta con conocer las propiedades generales de sus principales componentes, sino que es necesario determinarlas para cada ingrediente o mezcla en particular. Ya sea porque se está ensayando algún nuevo tipo de material, o simplemente para controlar la calidad de los ingredientes o de la mezcla final, es necesario recurrir al análisis físicoquímico (Ansorena Miner, J. 1994).

Además de servir de soporte o anclaje a la planta, el medio de cultivo tiene que suministrar a las raíces cantidades equilibradas de aire, agua y nutrientes minerales. Si las proporciones de estos componentes no son adecuadas, el crecimiento de la planta podrá verse afectado por:

- * asfixia debida a falta de oxígeno, que impide la respiración de las raíces y de los organismos vivos que habitan el suelo;

- * deshidratación por falta de agua, que puede llegar a producir la muerte de la planta;

- * exceso o carencia de nutrientes minerales, o desequilibrio entre sus concentraciones, que limita el crecimiento;

* enfermedades producidas indirectamente por las causas anteriores, al volverse las plantas más susceptibles al ataque (Ansorena Miner, F. 1994).

En opinión de Amaury, A. 1991, para que ocurra un rápido y vigoroso crecimiento de las raíces en el recipiente, las cuales confieren un crecimiento proporcional al follaje de las mudas, el sustrato debe reunir atributos tales como buena aireación, buena capacidad de almacenamiento de humedad, baja resistencia a la penetración de las raíces y buena resistencia a la pérdida de estructura.

Por otra parte en opinión de Nuez, F. 1996, el sustrato para la fabricación del cepellón debe reunir una serie de características tales como: ser muy poroso y tener una buena capacidad retentiva para el agua, tener un pH neutro o ligeramente ácido, no poseer nutrientes en cantidades excesivas y no contener elementos patógenos.

Los tres principales componentes de un medio de cultivo son la fase sólida, la solución acuosa y el aire y no menos importante las relaciones entre ellos. Para De Boodt, M. 1975 el sustrato debe suministrar al sistema radicular, el agua necesaria para el desarrollo de la planta y el aire necesario para la respiración de las raíces.

Por su parte Fonteno, W. 1993 también otorga una gran importancia a las relaciones aire-agua y se plantea como objetivo para la investigación en sustratos la obtención de mezclas más eficientes para proporcionar a la planta, agua disponible.

2.3.3.1 La fase sólida

Dentro de la fracción sólida del suelo, la mayor parte es mineral, mientras que en los sustratos orgánicos suele predominar la materia orgánica. Esta podrá estar más o menos descompuesta, lo que también influirá en sus propiedades. Una de las sustancias que mayor influencia tiene sobre las propiedades de los suelos y sustratos es el humus, ese residuo de materia seca muy descompuesta y estable, formado por una mezcla de varias sustancias (Ansorena Miner, J. 1994).

De acuerdo a lo expresado por Ansorena Miner, J. 1994, los coloides del suelo pueden ser de naturaleza orgánica o mineral: humus o arcilla. Los coloides tienen valores muy altos de superficie específica (m^2/g), que suelen encontrarse entre 10 y 800 m^2/g para

la arcilla y entre 800 y 900 m²/g para el humus, mientras que en el caso de la arena gruesa es del orden de 0,01 m²/g. La elevada área superficial, de las partículas de arcilla y humus, explica que cualquier propiedad ligada a la superficie, como la carga eléctrica, tenga una gran influencia en las propiedades de un suelo, y se manifieste aunque las cantidades de arcilla y humus sean pequeñas.

La mayor parte de los nutrientes minerales, que se hallan disueltos en la solución del suelo como iones de carga positiva, son atraídos por las cargas eléctricas negativas de la arcilla y el humus, formando una capa difusa de cationes. Estos cationes son retenidos en la superficie del humus y las arcillas por fuerzas eléctricas débiles, por lo que pueden pasar de nuevo a la solución acuosa cuando la planta los necesita. Por esta razón, se llaman cationes intercambiables y al conjunto de sustancias que como la arcilla y el humus, retienen los cationes y los intercambian con la solución acuosa, se les denomina complejo de cambio.

El complejo de cambio es una auténtica reserva de nutrientes, ya que estos son retenidos, evitándose su pérdida por lavado o lixiviación, y pasando a la solución acuosa a medida que disminuye su concentración, como consecuencia de la absorción por la planta. La capacidad de un medio de cultivo para retener cationes nutrientes e intercambiarlos con la solución acuosa, se denomina Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y se expresa en miliequivalentes por unidad de peso o volumen del medio (meq/100g o meq/cc) (Ansorena Miner, J. 1994).

El intercambio catiónico es una de las propiedades más importantes del suelo y tiene influencia sobre una gran cantidad de sus características. Los cationes intercambiables influyen en la estructura, la actividad biológica, el régimen hídrico y gaseoso entre otros (Fassbender, H. 1978)

2.3.3.2 La solución acuosa

La fase sólida del medio de cultivo, además de suministrar nutrientes, debe ser capaz de retener cantidades suficientes de agua y aire. Los sustratos en contenedor han de tener una elevada capacidad de retención de agua ya que el volumen del medio de cultivo es pequeño en relación con las pérdidas de agua por evapotranspiración (Ansorena Miner, J. 1994).

Por otra parte, según expresa el mismo autor, las plantas no pueden tomar alimentos sólidos, y deben recibir los nutrientes minerales a través de la solución acuosa del suelo, disueltos en ella. Los mecanismos por los cuales la planta absorbe los minerales de la solución acuosa son de tres tipos: intercepción por las raíces, flujo de masas y difusión.

En cultivos en contenedor, el sistema radicular ocupa un espacio limitado por el volumen del mismo y la porosidad del sustrato, de los que dependerán la capacidad de aireación y de absorción de agua. Contrariamente, las cantidades de elementos minerales que podrían almacenarse empleando formas concentradas de abonos serían muy elevadas, si no existiera una barrera o límite superior de concentración de minerales en la solución acuosa, por encima del cual se presenta la salinidad.

En consecuencia, la capacidad de almacenamiento de nutrientes directamente disponibles para la planta, vendrá limitada por el volumen de sustrato en el contenedor, su capacidad de retención de agua y el límite máximo de concentración de la solución acuosa (que dependerá de la sensibilidad de la planta a la salinidad) (Ansorena Miner, J. 1994).

El agua retenida por las partículas de sustrato constituye la reserva de agua que, en mayor o menor medida, está a disposición de la planta. El volumen de poros no ocupado por agua, está ocupado por aire. La disponibilidad de agua está condicionada por la fuerza con la que está retenida a las partículas del sustrato y por la capacidad de éste de transportar el agua de los puntos en los que está en exceso, a los puntos de demanda (Terés, V. et. al. 1998).

2.3.3.3 El aire

Ansorena Miner, J. 1994, plantea que las raíces de las plantas necesitan además de agua, un suministro adecuado de aire, para mantener su metabolismo y crecimiento. Por otra parte, los microorganismos presentes en el medio de cultivo consumen oxígeno al respirar, por lo que al ser muy superior la población microbiana en un sustrato orgánico, las plantas cultivadas en este tipo de sustrato pueden necesitar hasta el doble de oxígeno que en suelo mineral.

Por su parte Terés, V. et. al. 1998, menciona que si la cantidad de aire disponible es escasa, el intercambio de gases también lo será, entonces se presentan condiciones de

asfixia radicular que limitan el desarrollo de la planta y la pueden hacer más susceptible al ataque de patógenos, en especial a los del sistema radicular. Las características físicas del sustrato, junto con el adecuado manejo del riego, permiten crear en el sustrato condiciones de disponibilidad de aire y agua adecuadas para conseguir los objetivos.

En la respiración de las plantas y los microorganismos, se produce anhídrido carbónico, por lo que la fase gaseosa del medio de cultivo cumple el doble objetivo de suministrar el aire necesario y evacuar el anhídrido carbónico producido. De todos los poros existentes en el medio de cultivo, el agua ocupa los más pequeños, los poros de mayor tamaño son ocupados por la fase gaseosa, por lo tanto cualquier acción que reduzca el tamaño de los poros más grandes, disminuirá la proporción de aire en el medio. Esto es lo que ocurre con la compactación, ya que al presionar el medio de cultivo disminuye el tamaño de los poros grandes, reduciéndose el volumen de aire disponible y aumentando la cantidad de agua retenida, lo que puede llegar a limitar el crecimiento de las plantas. Un cierto grado de compactación del sustrato se produce inevitablemente de manera natural en el curso del cultivo, como consecuencia del riego (Ansorena Miner, J. 1994).

El mismo autor manifiesta, que aunque una parte del oxígeno necesario lo pueden tomar las raíces de la solución acuosa en la que se halla disuelto, esta cantidad sólo representa una pequeña fracción del total que necesitan. Por esta razón, la mayor parte del oxígeno necesario tendrá que difundirse desde el exterior a través de los huecos vacíos de agua que posea el medio de cultivo, y finalmente, atravesar la delgada lámina de agua que rodea a las raíces. La velocidad de difusión del oxígeno, a través de esta película líquida, es unas diez mil veces más lenta que en el aire, por lo que cuanto mayor sea su espesor, menor será la concentración de oxígeno en la superficie de las raíces.

En resumen, es posible decir, que para que un sustrato pueda cumplir correctamente sus funciones de regulación del suministro de agua y aire, debe poseer una elevada porosidad y capacidad de retención de agua, unidos a un drenaje rápido y una buena aireación. Es decir que para que un sustrato se comporte de manera adecuada, con óptimas propiedades físicas y químicas, es necesario que posea una correcta distribución y composición de las fases sólida, líquida y gaseosa.

2.3.4 Propiedades físicas de los medios de cultivo

Se entiende por propiedades físicas aquellas que se pueden ver y sentir: granulometría, color, retención de agua y aireación. Por el contrario, las propiedades químicas influyen en el suministro de nutrientes, y no pueden ser apreciadas por los sentidos. Generalmente se dá 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 mediante el riego y el abonado (Ansorena Miner, J. 1994).

De acuerdo a Raviv, M. et. al. 1986, la aireación cobra mayor importancia en los medios de cultivo donde el proceso de descomposición continúa, debido a una posible competencia por oxígeno entre la planta y los microorganismos. Según este autor los parámetros físicos de mayor importancia en un sustrato son: distribución de poros y partículas, porosidad total, densidad aparente y capacidad de retención de agua.

2.3.4.1 Distribución del tamaño de poros y partículas

Para Ansorena Miner, J. 1994, la granulometría o distribución del tamaño de partículas es una característica de suma importancia, ya que la porosidad aumenta a medida que lo hace el tamaño medio de partícula.

Por otra parte Raviv, M. et. al. 1986, afirma que la distribución del tamaño de poros y partículas, determinan el balance entre el contenido de aire y agua a determinado contenido de humedad. Como regla general cuanto más grandes las partículas, mayor es el contenido de aire y menor el de agua para determinada succión.

La presencia de partículas muy pequeñas, hace que disminuya la porosidad total y aumente la cantidad de agua retenida, ya que crece el número de microporos o huecos pequeños, que son los que retienen el agua. También se reducirá la porosidad ocupada por aire, al disminuir el volumen de los huecos entre partículas o macroporos, que son los de mayor tamaño (Ansorena Miner, J. 1994).

Según la distribución del tamaño de partículas los sustratos orgánicos se dividen en finos, medios y gruesos. Los grados texturales varían de un país a otro, pero se considera

que los sustratos finos son mejores para la producción de plantines y los medios y gruesos para el cultivo en macetas o para enraizamiento (Raviv, M. et. al. 1986).

2.3.4.2 Porosidad total y densidad aparente

Ansorena Miner, J. 1994, afirma que la porosidad de un medio de cultivo es el porcentaje de su volumen que no se encuentra ocupado por la fase sólida, es decir, el cociente entre el volumen de poros y el volumen total que el medio ocupa en el contenedor. Se calcula a partir de la medida de la densidad aparente, con la cual se encuentra inversamente relacionada.

Para Raviv, M. et. al. 1986, es un parámetro que se debe considerar ya que a los efectos del anclaje, cuanto más alta es la planta, mayor debe ser la densidad aparente del sustrato. A su vez sostiene que la relación entre ambas (porosidad y densidad aparente) está dada por la expresión $P(\%) = 100 (1 - DA/DR)$ donde P es la porosidad, DA es la densidad aparente y DR es la densidad real.

El contenido de aire de un sustrato se define como la proporción del volumen que contiene aire después de que éste fue saturado con agua y dejado drenar, usualmente a una tensión de agua de 10 mbars. Las opiniones en cuanto al contenido de aire necesario varían según los investigadores, en general el rango óptimo va de 10 a 45% dependiendo del tipo de planta, el tamaño del contenedor y el sustrato.

Ansorena Miner, J. 1994, dice que al compactar un material disminuye el volumen total, manteniéndose la masa, por consiguiente aumentará la densidad aparente. La reducción del tamaño de los poros que se produce al aumentar la compactación hace que disminuya la porosidad ocupada por aire y aumente la retención de agua.

Por su parte Raviv, M. et. al. 1986, sostiene que el crecimiento de las plantas se inhibe si existen condiciones de escasa aireación. La absorción de agua y nutrientes decrece a niveles mínimos, en ausencia de oxígeno. Si la textura y estructura del sustrato provocan que luego de un riego la mayoría de los poros se mantengan con agua, el suministro de oxígeno será restringido, se acumulará CO₂, puede producirse etileno y como resultado se frenará el crecimiento y la planta se marchitará.

2.3.4.3 Capacidad de retención de agua

De acuerdo a lo expresado por Terés, V. et. al. 1998, la fuerza con la que el agua está retenida en el sustrato, está en relación inversa al diámetro del poro que ocupa. Si tomamos una esponja y la sumergimos en agua todos sus poros se llenan. Cuando se saca de ésta, se vacían los poros mayores mientras que los más pequeños siguen saturados. Lo mismo ocurre en los sustratos de cultivo, los poros se van vaciando en orden de mayor a menor diámetro. Así es fácil comprender que el contenido de humedad será mayor cuanto mayor sea la fuerza con la que el agua está retenida en el sustrato.

Esta fuerza se mide mediante el potencial matricial o tensión de humedad. La relación entre el contenido de agua y la tensión de humedad es una característica propia de cada sustrato y se expresa mediante la curva de retención de agua. Cuando se aplica un riego, o cuando se inicia la actividad absorbente de las raíces, se inicia un movimiento de agua que tiende a alcanzar un equilibrio. La capacidad del sustrato para permitir el movimiento del agua a través del espacio poroso y establecer el equilibrio se mide mediante la conductividad hidráulica (Terés, V. et. al. 1998).

El reducido volumen de un medio de cultivo en contenedor respecto de un suelo natural de campo, implica que las propiedades físicas de aireación y retención de agua que debe cumplir un sustrato sean mucho más exigentes. En primer lugar deberá tener una elevada porosidad (mínima del 85%), que pueda alojar en el pequeño volumen del contenedor cantidades elevadas de aire y agua. Pero no es suficiente que el sustrato posea una elevada porosidad total, sino que es necesario que ésta se encuentre convenientemente distribuida entre los poros de gran tamaño o macroporos, que se hallan ocupados por aire, y los pequeños microporos que alojan el agua (Ansorena Miner, J. 1994).

En concordancia con lo anterior Resh, H. 1992, expresa que la capacidad de retención del agua por un medio, se determina a partir del tamaño de sus partículas, de su forma y de la porosidad. El agua se retiene en la superficie de las partículas y también en el espacio poroso; cuanto más pequeñas sean las partículas, mayor será el espacio poroso y mayor la cantidad de agua que podrá ser almacenada. Es importante tener en cuenta, que el medio no solamente deberá ser capaz de poseer buena retención de agua, sino además buen drenaje, para evitar falta de movimiento de oxígeno dentro del mismo.

2.3.5 Propiedades químicas de los medios de cultivo

Junto a propiedades físicas adecuadas, que aseguren el anclaje de la planta y el suministro de aire y agua, el sustrato debe proporcionar los nutrientes minerales que, a través de las raíces, toma la planta de la solución del suelo (Ansorena Miner, J. 1994).

Raviv, M. et. al. 1986, expresa que las características más importantes de los materiales utilizados como componentes para los sustratos, desde el punto de vista químico son: capacidad de intercambio catiónico, pH y capacidad buffer del sustrato, cantidad y disponibilidad de nutrientes, y grado y tasa de descomposición.

Por otra parte Ansorena Miner, J. 1994, afirma que cuanto mayor sea la concentración salina en la solución acuosa, mayor será la succión que tendrá que aplicar la planta, pudiendo llegar en condiciones extremas de salinidad a la deshidratación de la misma.

2.3.5.1 Capacidad de intercambio catiónico

De acuerdo a lo expresado por Resh, H. 1992, las raíces de las plantas y los pelos radiculares están en íntimo contacto con la superficie de los coloides del suelo. La toma de nutrientes por las plantas tiene lugar a través de sus raíces, tanto en la superficie de los coloides del suelo, como a través de la propia solución de éste. Los iones se intercambian entre los coloides del suelo y la solución del mismo, este movimiento de iones tiene lugar entre la superficie de las raíces de las plantas y los coloides del suelo, así como entre estas raíces y la solución del suelo, en una y otra dirección.

En general el medio de cultivo no es inerte sino que interacciona con la solución nutritiva, actuando como reserva de nutrientes, a través de la CIC, la cual es consecuencia de la carga eléctrica negativa existente en la superficie de las partículas de arcilla y humus. Esta carga negativa puede ser independiente del pH, como en la mayoría de las arcillas, o no. Por lo tanto, la CIC del medio de cultivo tendrá dos componentes: una procedente de la arcilla, que será permanente en su mayoría y otra aportada por la materia orgánica y que aumentará a medida que crece el pH (Ansorena Miner, J. 1994).

Coincidiendo con lo anteriormente mencionado, Raviv, M. et. al. 1986, afirma que cuando se mide la CIC de un material orgánico se debe aclarar a que pH se realizó la medición. Se puede concluir que la CIC está principalmente determinada por la presencia de sustancias húmicas, que a su vez dependen del grado de descomposición de la materia orgánica del sustrato. Una alta CIC indica una buena reserva de nutrientes, mientras que materiales con niveles bajos, como la mayoría de los sustratos minerales, retienen pequeñas cantidades de nutrientes y requieren frecuentes aplicaciones de fertilizantes.

Aunque en ocasiones se emplean sustratos con niveles muy bajos de CIC, generalmente el manejo es más sencillo cuando el medio presenta cierta Capacidad de Intercambio Catiónico, ya que disminuyen los riesgos derivados de las pérdidas de nutrientes por lixiviación, a causa de los frecuentes e intensos riegos a que se someten muchas plantas cultivadas en contenedor (Ansorena Miner, J. 1994).

El mismo autor sostiene que la mayoría de los nutrientes como reserva en el complejo de cambio serán cationes (calcio, potasio, magnesio, etc.), aunque algunas arcillas desarrollan cargas eléctricas positivas y, por tanto, poseen una cierta Capacidad de Intercambio Aniónico (CIA), que al igual que la CIC, aumenta con el pH, aunque generalmente adquiere valores inferiores. La CIA es máxima para el fosfato y mínima para los cloruros y nitratos, que son apenas retenidos, por lo que se lixivian, mientras que el sulfato ocupa una posición intermedia.

Confirmando lo anteriormente expresado Resh, H. 1992, afirma que la solución del suelo es la fuente más importante de nutrientes, al ser estos absorbidos deberán irse reponiendo a partir de las partículas del suelo. La fase sólida del suelo proporciona elementos minerales a la solución. Las partículas de arcilla y la materia orgánica sólida del suelo toman cationes tales como: calcio, magnesio, potasio, sodio, aluminio y también cationes de hidrógeno, así como también aniones, tales como nitratos, sulfatos, fosfatos y cloruros.

2.3.5.2 El pH y la capacidad buffer del sustrato

Por lo expresado por Raviv, M. et. al. 1986, la mayoría de las plantas pueden sobrevivir en un amplio rango de pH (4 a 8) sin sufrir desordenes fisiológicos de importancia, mientras que los nutrientes ~~sean~~ suministrados en formas disponibles. Sin

embargo, la tasa de crecimiento y el desarrollo de la planta, pueden frenarse si existen condiciones de extrema acidez o alcalinidad. Los efectos más importantes del pH se dan sobre la disponibilidad de nutrientes, la CIC y la actividad biológica. Una buena cantidad de sustancias húmicas brinda capacidad buffer en un amplio rango de pH. Esta capacidad es de gran significancia práctica cuando se requiere un valor estable de pH.

En concordancia con lo anteriormente expresado Ansorena Miner, J. 1994, afirma que la gran importancia del pH radica en que puede reflejar la existencia de desequilibrios o toxicidades (manganeso, aluminio) para las raíces de las plantas y sobre todo que regula la solubilidad y por tanto, la disponibilidad de nutrientes minerales.

2.3.5.3 Cantidad y disponibilidad de nutrientes

En general los sustratos orgánicos como la turba, la corteza y las hojas molidas contienen pequeñas cantidades de nutrientes disponibles. Cuando se utilizan sustratos orgánicos en base a estiércol animal o residuos de ciudades, algunos nutrientes pueden exhibir niveles altos, dependiendo del origen y del proceso de elaboración de dicho compost (Raviv, M. et. al. 1986).

En un momento dado, los nutrientes disponibles para la planta serán aquellos que se encuentran disueltos en la solución del suelo, más los retenidos por el complejo de cambio. Los nutrientes disueltos serán asimilables inmediatamente, mientras que los retenidos en el complejo de cambio lo serán a más largo plazo, a medida que van pasando a la solución para compensar la disminución de concentración por absorción de la planta (Ansorena Miner, J. 1994).

En todos los casos, siempre que se utilice un sustrato orgánico se deben agregar fertilizantes. La cantidad y la frecuencia de la fertilización dependen de la CIC del sustrato y del régimen de riego. Altas CIC, aumentan la eficiencia de adición de fertilizantes de base, durante el proceso de manufactura del sustrato. Cuando se utilizan sustratos con baja CIC, es conveniente aplicar fertilizantes frecuentemente a través del riego (fertirrigación) (Raviv, M. et. al. 1986).

2.3.5.4 Salinidad de la solución acuosa de los medios de cultivo

De acuerdo a lo expresado por Pizarro, F. 1990, la salinidad de una solución acuosa se mide por su contenido en sales disueltas (mg/l o ppm), o más comúnmente, por su capacidad para conducir la corriente eléctrica o conductividad (en miliSiemens por cm, mS/cm, o microSiemens por cm, μ S/cm) y se ha convenido expresarla siempre a 25 °C. Cuanto más elevada sea la concentración de sales disueltas, mayor será la conductividad eléctrica de la solución. Las sales más importantes son el sulfato magnésico, sulfato sódico y cloruro sódico; mientras que las de menor importancia son el carbonato sódico y el cloruro magnésico. Por otra parte el carbonato cálcico es muy poco soluble por lo que no es nocivo para las plantas.

El efecto más común de la salinidad es un retraso en el crecimiento de la planta. A medida que la concentración de sales aumenta por encima de un nivel límite, la velocidad de crecimiento y el tamaño de la mayoría de las especies de plantas decrecen progresivamente. No todas las partes de la planta son afectadas igualmente, el crecimiento de la parte aérea es más sensible que el crecimiento radicular. Agronómicamente, el único criterio significativo para establecer la tolerancia a las sales es la producción comercial de los cultivos, ver cuadro N° 2.7 (Maas, E. V. et. al. 1977).

Cuadro N° 2.7 Tolerancia a la salinidad de cultivos en relación a su rendimiento potencial y salinidad del agua de riego

Rendimiento potencial										
Cultivo	100%		90%		75%		50%		0%	
	CEx	CEa								
Apio	1,8	1,2	3,4	2,3	5,8	3,9	9,9	6,6	18,0	12,0
Lechuga	1,3	0,9	2,1	1,4	3,3	2,1	5,1	3,4	9,0	6,0
Pepino	2,5	1,7	3,3	2,2	4,4	2,9	6,3	4,2	10,0	6,8
Pimiento	1,5	1,0	2,2	1,5	3,3	2,2	5,1	3,4	8,6	5,8
Tomate	2,5	1,7	3,5	2,3	5,0	3,4	7,6	5,0	13,0	8,4

Fuente: Maas y Hoffman, 1977. CEx es la salinidad promedio del agua del suelo representada por la conductividad eléctrica del extracto de saturación expresada en dS/m, CEa es la conductividad eléctrica del agua de riego, expresada en dS/m (1dS/m = 1 mmhos/cm).

La alta salinidad del suelo es un factor limitante para el cultivo de pimiento que es considerado como moderadamente sensible (Maroto, 1990. citado por Nuez, F. 1996).

De acuerdo a lo expresado por Pizarro, F. 1990, existen dos conceptos de salinidad: la resistencia a la salinidad, que relaciona la producción con la salinidad, y la sensibilidad de una planta a la salinidad, que es la variación de su producción ocasionada por el aumento de la conductividad eléctrica en 1 mmhos /cm.

Estos conceptos están representados matemáticamente por la fórmula de Mass y Hofmann que se expresa: $P = 100 - b(Ce^* - a) \leq 100$, donde P es la producción del cultivo en % respecto al máximo, Ce^* salinidad del suelo, expresada como conductividad eléctrica del extracto saturado medido en mmhos/cm, a y b son dos parámetros cuyos valores son constantes para cada cultivo, donde a es el valor de la conductividad expresado en mmhos/cm en el que el cultivo no experimenta disminución de los rendimientos, y b es la variación de la producción ocasionada por un aumento de 1 mmhos/cm, es decir la sensibilidad del cultivo.

Cuadro N° 2.8 Tolerancia y sensibilidad a la salinidad

Cultivo	CE/ 90% producción	Resistencia	Sensibilidad (b)
Remolacha	5,1	Alta	8,93
Tomate	3,5	Media	9,80
Pimiento	2,2	Media	13,89
Lechuga	2,1	Media	12,82
Cebolla	1,8	Baja	16,13
Zanahoria	1,7	Baja	13,89

Fuente: Mass y Hoffman, 1977. b corresponde a uno de los parámetros de la fórmula de Mass y Hoffman.

En el cuadro 2.8 es posible apreciar que el pimiento tiene una sensibilidad de 13,89, esto quiere decir que si la Ce^* aumenta 1 mmhos/cm, la producción de pimiento disminuye un 13,89 por ciento respecto a la producción máxima.

Cuando se usan sustratos orgánicos que retienen gran cantidad de cationes, y al mismo tiempo se descomponen y liberan nutrientes a la solución, pueden aparecer problemas de salinidad. Estos sustratos deben ser lavados antes de ser utilizados y en

algunos casos también durante el período de crecimiento. La conductividad de la solución no debería exceder los 3,0 mS/cm. Este límite debe ser menor cuando se trata de especies sensibles (Raviv, M. et. al. 1986).

Por otra parte Ansorena Miner, J. 1994, establece que como consecuencia del pequeño volumen de que disponen las plantas en el medio de cultivo, la concentración de nutrientes en la solución acuosa suele ser elevada, muy superior a lo que suele ser en cultivos de campo en suelo mineral. Con esto aumenta el riesgo de acumulación de niveles excesivos de sales disueltas, lo que se conoce como salinidad.

2.3.6 Propiedades biológicas de los medios de cultivo

De acuerdo a lo expresado por Raviv, M 1986, generalmente se establecen como únicos parámetros importantes en los medios de cultivo las propiedades físicas y químicas. Sin embargo, en muchos casos los factores biológicos, que son poco conocidos, pueden afectar en gran forma el comportamiento del cultivo.

Estos factores llevaron a Acock y Overcash, citados por Raviv, M. 1986, a sostener que ningún método puede ser considerado, salvo uno empírico (no considera teoría ni razonamiento, únicamente la experiencia) para testear la compatibilidad entre un medio de crecimiento y un cultivo. Quizás la frustración que encierra esta sentencia pueda ser levantada, en parte, mejorando o comprendiendo las características biológicas de cada sustrato.

2.3.6.1 Grado y tasa de descomposición

En opinión de Raviv, M. et. al. 1986, la mayor causa de mal crecimiento de las plantas que se desarrollan en sustratos con materia orgánica inmadura, es la deficiencia de nitrógeno (provocada por la inmovilización microbiana) y la falta de oxígeno en la rizósfera. Esto es causado por microorganismos que descomponen la materia orgánica y utilizan el nitrógeno para la síntesis de proteínas celulares. El oxígeno es consumido en la actividad microbiana. El contenido de nitrógeno en los tejidos de los microorganismos varía de un grupo sistemático a otro. En general, la relación C/N varía desde 5 a 30. Es deseable una relación C/N menor a 20, ya que indica madurez y estabilidad en el sustrato.

Este mismo autor afirma que al preparar sustratos con materiales con alta relación C/N como corteza, paja o aserrín, se debe agregar nitrógeno durante la descomposición. Esta adición de nitrógeno se debe hacer con cuidado ya que con el tiempo la tasa de descomposición bajará, los microorganismos morirán y se liberará nitrógeno a la solución del sustrato, pudiendo incrementar la salinidad del medio. Este problema podría ser solucionado mediante el lavado del sustrato.

En opinión de Raviv, M. et. al. 1986, todos los sustratos orgánicos, inclusive los que son relativamente estables son susceptibles a la continua degradación biológica. Este proceso se ve favorecido por las condiciones reinantes en los invernaderos: varias poblaciones de bacterias y hongos son responsables de este proceso y su acción combinada puede causar deficiencias de oxígeno y nitrógeno, liberación de sustancias fitotóxicas y contracción del medio.

Por estas razones, es que el efecto neto de la descomposición de materia orgánica en el medio de crecimiento es negativo para el productor y se deben tomar las medidas que minimicen los daños sobre las plantas. La disponibilidad de compuestos biodegradables como carbohidratos, ácidos grasos y proteínas es el primer factor que determina la tasa de descomposición. El contenido de estas sustancias puede ser reducido en gran forma con un buen proceso de compostaje que incluya volteos de la pila y contenidos adecuados de agua y nitrógeno disponible.

Las condiciones de crecimiento deben ser también tenidas en cuenta. En general cuanto más largo es el período de crecimiento y cuanto más intensivas son las prácticas de cultivo, mayor debe ser el cuidado. La temperatura del medio y el nivel de la nutrición nitrogenada son los factores más importantes durante el período de crecimiento en relación a la tasa de descomposición. En cualquier caso la tasa de descomposición debe ser tenida en cuenta para asegurar las necesidades nutricionales y para prevenir una acumulación de sales solubles (Raviv, M. 1986).

2.3.6.2 Efecto de los productos de la descomposición

Muchos de los efectos de la materia orgánica en los suelos y en los medios de crecimiento son atribuidos a los ácidos húmicos y fúlvicos que son los productos finales de la degradación de la lignina, la celulosa y la hemicelulosa. Una amplia variedad de

funciones de la planta tanto a nivel de órganos como a nivel celular son afectadas por los ácidos húmicos y fúlvicos. Las sustancias húmicas han sido mencionadas también como fuente de micronutrientes (Raviv, M. 1986).

De acuerdo a lo expresado por este mismo autor, al bajar la tasa de descomposición de los sustratos la población microbiana bajará, al morir los microorganismos se libera nitrógeno a la solución, incrementando la salinidad del medio.

Todos los sustratos orgánicos, inclusive los relativamente estables, son susceptibles a la continua degradación biológica. Este proceso se ve favorecido por las condiciones reinantes en los invernaderos. Varias poblaciones de bacterias y hongos son responsables de este proceso y su acción combinada puede causar deficiencias de oxígeno y nitrógeno, así como la liberación de sustancias fitotóxicas. En cualquier caso la tasa de descomposición debe ser tenida en cuenta para asegurar las necesidades nutricionales y para prevenir una acumulación de sales solubles (Raviv, M. 1986).

2.3.7 Tipos de contenedor

De acuerdo a lo expresado por Ansorena Miner, J. 1994, normalmente se denomina maceta a un recipiente de corta duración, mientras que se reserva el nombre de contenedor para designar los recipientes en que la planta va a permanecer durante largo tiempo. Este autor emplea el término contenedor en sentido genérico, para describir cualquier tipo de recipiente en que se aloje el sustrato y se produzca el desarrollo de la planta (sea maceta, contenedor, bandeja u otro).

No existe ni una terminología ni normas internacionales para calificar los recipientes de cultivo, pero existen algunas denominaciones comunes para clasificarlos. El contenedor, sería el recipiente en el cual la planta va a vivir un periodo de tiempo más o menos largo, mientras que en la maceta ese tiempo es menor. Existen dos sistemas de fabricación para macetas y contenedores, por inyección y termoformados (Directorio de proveedores de semillas y plántulas de flores, plantas y árboles ornamentales, 1997).

Hay diferentes tipos de envases en el mercado, para la obtención del cepellón: maceta de turba, celdas de papel, bolsas de polietileno, macetas de cloruro de polivinilo y polietileno, bandejas de poliestireno con alvéolos, etc. (Nuez, F. 1996)

En nuestro país se encuentran en el mercado diferentes tipos de contenedor, también llamados almacigueras, pero no hay estudios que evalúen los diferentes tipos de envase con respecto al comportamiento de los plantines. El aumento en la adopción de este tipo de tecnología, en la producción de plantines, justificaría evaluaciones, tanto de sus dimensiones (para cada cultivar) como de los materiales empleados en su fabricación.

2.4 AGUA DE RIEGO

2.4.1 Calidad del agua de riego

La calidad del agua de riego es un aspecto muy importante en cualquier sistema de riego, por ello debe mantenerse un control de la misma, tanto más riguroso cuanto peores sean las características del agua. El control debe establecerse mediante el análisis sistemático del agua. Los principales parámetros a considerar son: conductividad eléctrica, pH, Sulfatos, Cloruros, Calcio, Magnesio, Sodio, dureza, etc. (Domínguez, A. 1993).

Por otra parte según Serrano, Z. 1983, la calidad del agua de riego está condicionada por las sustancias que lleva disueltas en suspensión. La calidad se determina mediante el análisis químico, cuya finalidad es encontrar cantidad y naturaleza de las sustancias disueltas. Conocer la naturaleza de los iones que contiene el agua de riego, es de interés por los efectos que estos tienen sobre la estructura del suelo y la toxicidad que pueden producir en las plantas.

El nivel de salinidad del agua es un criterio esencial en la selección del sistema de riego. El efecto de la salinidad del agua, sobre la nutrición, depende de la composición de las sales presentes. Así, el contenido en exceso de Calcio y Magnesio es generalmente beneficioso salvo que este último pueda afectar la absorción de Potasio. El elemento más peligroso en el agua es el Sodio, por su toxicidad al inhibir la absorción de otros elementos (Domínguez, A. 1993).

Entre los aniones, son perjudiciales tanto los cloruros como los sulfatos, sin embargo, dada su elevada solubilidad, es posible, mediante el manejo del riego ir conduciendo la mayor parte de los elementos indeseables hacia los bordes, desde donde son posteriormente lavados (Domínguez, A. 1993).

El riego es un importante factor de salinización del suelo. Todas las aguas de riego tienen un contenido mayor o menor de sales solubles. En el caso de aguas subterráneas, la salinidad puede ser más elevada. Se considera un agua de riego de buena calidad aquella con un contenido en sales solubles de 0,5 g/l, equivalente a una conductividad eléctrica aproximada de 0,75 mmhos/cm. Si el volumen anual de riego es de 10.000 metros cúbicos por hectárea, una hectárea regada recibiría anualmente 5 toneladas de sales aportadas por el agua de riego (Pizarro, F. 1990) .

La salinidad es un exceso en la concentración de sales en la solución del suelo. En general, este contenido excesivo puede ser de carácter general o específico, como en el de los suelos sódicos. Las principales sales solubles que existen en el suelo son los sulfatos o cloruros de calcio, magnesio, potasio o sodio, aunque puede haber también cantidades apreciables de bicarbonatos, carbonatos y nitratos (Domínguez, A. 1993) .

La calidad del agua se define en función de tres criterios: salinidad en sentido restringido, sodicidad y toxicidad. El criterio de salinidad evalúa el riesgo de que el uso del agua ocasione altas concentraciones de sales en el suelo, con el correspondiente efecto osmótico y disminución de rendimientos de los cultivos. El criterio de sodicidad analiza el riesgo de que se induzca un elevado porcentaje de Sodio intercambiable (PSI), con deterioro de la estructura. El criterio de toxicidad estudia los problemas que puedan crear determinados iones (Pizarro, F. 1990).

En cada caso lo que se valora es el riesgo potencial del uso del agua. Es decir la mayoría de las aguas consideradas peligrosas, tienen un contenido actual de sales que en sí mismo no es demasiado perjudicial, el problema se presenta cuando esas aguas evolucionan en el suelo, la evapotranspiración disminuye la humedad del suelo pero prácticamente no elimina sales, de forma que la solución del suelo se hace más salina a medida que el mismo se seca (Pizarro, F. 1990).

2.4.1.1 Criterio de salinidad

Un alto contenido de sales disueltas en el suelo disminuye el potencial osmótico y exige a las raíces un esfuerzo adicional para absorber agua, lo que ocasiona una reducción en los rendimientos de los cultivos. Los criterios que analizan el riesgo de salinidad se basan

en índices que expresan la concentración de sales en el agua de riego, el más frecuentemente utilizado es la conductividad eléctrica.

La conductividad eléctrica de una solución es directamente proporcional a su concentración de sales. Cuando la solución se diluye, la conductividad eléctrica disminuye en la misma proporción, y al contrario cuando la solución se concentra. La unidad de medida es el 1/ohm x 1/cm, a la inversa del 1/ohm se le llama mho, por lo que la unidad de medida de la conductividad eléctrica es mho/cm. Otra unidad de medida es el Siemens/metro (S/m), 1 S/m es igual a 10 mmhos/cm (Pizarro, F. 1990).

De acuerdo a lo expresado por Serrano, Z. 1983, el contenido total de sales indica la facilidad con que las plantas podrán utilizar el agua, necesitando tanta más energía para su asimilación cuanto más grande sea la concentración salina de ésta, pudiendo darse el caso, que las raíces no puedan absorber el agua del suelo a consecuencia de las sales que contiene. Una medida del contenido total de sales es la conductividad eléctrica que se expresa en milimhos/cm y suele estar referida a 25°C, puesto que sufre variaciones con la temperatura.

Cuadro N° 2.9 Riesgo de inducir salinidad del agua de riego

Índice de salinidad	CE (mmhos/cm)	Riesgo de salinidad
1	< 0,75	Bajo
2	0,75-1,5	Medio
3	1,5-3,0	Alto
4	> 3,0	Muy alto

Fuente: Comité de consultores de la Universidad de California citado por Pizarro, F. 1990

2.4.1.2 Criterio de sodicidad

Un alto contenido de sodio en el agua de riego puede inducir elevados valores del porcentaje de sodio intercambiable (PSI) en el suelo, con sus efectos consiguientes de pérdida de estructura por dispersión e hinchamiento. La posibilidad de que un agua ocasione estos problemas intentó evaluarse por medio del índice de relación de absorción de Sodio (RAS), cuya expresión es: Sodio dividido la raíz cuadrada de la suma de Calcio más Magnesio sobre dos, $RAS = Na / [0,5 (Ca + Mg)]^{1/2}$ (Pizarro, F. 1990).

2.4.1.3 Criterio de toxicidad

De acuerdo a lo expresado por Pizarro, F. 1990, para evaluar el riesgo de inducir toxicidad de un agua de riego, en cuanto a sodio, cloruros y Boro, se puede seguir la siguiente clasificación, resumida en el cuadro N° 2.10.

Cuadro N° 2.10 Riesgo de inducir toxicidad del agua de riego

Ión	Inexistente	Creciente	Grave
Sodio (meq/l)	< 3	3-9	> 9
Cloro (meq/l)	< 4	4-10	> 10
Boro (meq/l)	< 0,7	0,7-2,0	> 2,0

Fuente: FAO(Ayers y Westcot, 1976. Citados por Pizarro, F. 1990).

En caso de riego por aspersión, sodio y cloro son muy tóxicos, por lo que se recomienda no utilizar agua que contenga más de 3 meq/l de cualquiera de estos dos iones (Pizarro, F. 1990).

Cuadro N° 2.11 Clasificación del agua de riego según el contenido de cloruros

Cloruros índice	Concentración meq/l	Riesgos potenciales
1	< 2	Ninguno, ni siquiera en plantas sensibles
2	2-4	Ligeros en plantas sensibles
3	4-8	Ligeros en plantas medianamente tolerantes
4	> 8	Ligeros a moderados en plantas tolerantes

Fuente: Dominguez, A. 1993.

El agua utilizada en el riego no debe contener sustancias nocivas para los cultivos, principalmente productos de residuos industriales. En estos casos es necesario realizar análisis antes de decidir su utilización por el peligro que puede suponer para las plantas que se van a regar, o por la contaminación del suelo con pérdida de fertilidad para sucesivos cultivos (Serrano, Z. 1983).

2.4.1.4 Concepto de "Dureza"

De acuerdo a lo expresado por Carricaburu, J. 1996 en comunicación personal, el agua presenta dos tipos de dureza una debida a la presencia de carbonato y/o bicarbonato que por calentamiento precipita bajo forma de carbonatos de calcio y/o magnesio, y la dureza permanente que se debe a la existencia de calcio y magnesio formando sales con sulfatos, nitratos y otros aniones de menor importancia. Este tipo de dureza no puede ser removida o precipitada por ebullición.

Las aguas duras son poco recomendables para regar suelos pesados y compactos. Una forma de disminuir la dureza del agua es airearla, ya que de esta forma se puede inducir un precipitado del calcio y del magnesio.

Por otra parte de acuerdo a lo expresado por Resh, H. 1992, la dureza del agua es una medida del contenido en ion carbonato. Conforme aumenta la dureza, el pH incrementa y ciertos iones como por ejemplo el hierro, quedan bloqueados.

Cuadro N° 2.12 Clasificación de las aguas en base a su dureza

Tipo de agua	mg/l de carbonato de calcio	Grados franceses
Muy dulce	< 70	< 7
Dulce	70-140	7-14
Medianamente dulce	140-220	14-22
Medianamente dura	220-320	22-32
Dura	320-540	32-54
Muy dura	> 540	> 54

Fuente: Carricaburu, J. 1995.

2.4.2 Salinización de los suelos

De acuerdo a lo expresado por Pizarro, F. 1990, la evaporación y transpiración consumen grandes cantidades de agua, pero no afectan prácticamente las sales disueltas, por lo que aumentan la concentración salina de las aguas. En áreas donde predominan los factores salinizantes (evaporación y transpiración) frente a los de lavado, las aguas freáticas

irán paulatinamente mineralizándose. Las sales así acumuladas pueden permanecer en la solución del suelo, en cuyo caso su principal efecto es dificultar el desarrollo de los cultivos.

Otras veces, cuando el contenido de Sodio es elevado en relación con los demás cationes, este elemento puede ser absorbido por el complejo de cambio en cantidades excesivas. En este caso las partículas arcillosas pueden dispersarse, el suelo pierde su estructura, se hace impermeable, etc.

La naturaleza de las sales acumuladas depende del origen de las aguas. En áreas continentales suelen predominar carbonatos, sulfatos y cloruros. En las llanuras costeras, la sal predominante es el cloruro de Sodio (Pizarro, F. 1990).

Cuando el suelo tiene suficiente cantidad de agua, las concentraciones de sal en la disolución del suelo están muy diluídas y la absorción de las raíces es normal. Puede ocurrir cuando cesa la transpiración o cuando la concentración de la solución del suelo (salinidad) sea mayor que la de las células de las raíces, que el fenómeno se invierta y pase líquido del interior de las células hacia la solución del suelo, con la consiguiente deshidratación del vegetal. Si continúa bajando la humedad del suelo, llega un momento que las plantas se marchitan sin recuperación posible y la planta muere (Serrano, Z. 1983).

2.5 EL CULTIVO DE MORRÓN

2.5.1 Origen y domesticación

El morrón, pimiento, chile o ají es una planta originaria de América del Sur, McLeod et. al. 1982 citados por Nuez, F. 1995, sugieren que una porción importante del género *Capsicum* se originó en un área nuclear en Bolivia sud-central, siendo uno de los primeros grupos de plantas domesticadas por el hombre.

En las cuevas de Guitarrero y Pachamachay de Perú, se encuentran restos de *Capsicum* en niveles arqueológicos datados entre 8.600-8.000 a.C. A partir del siglo XVI el cultivo de pimiento en sus variados tipos dulces o picantes, de carne gruesa o delgada, como especia o como hortaliza, se extiende por todo el mundo. Actualmente pocos cultivos tienen un uso tan universal (Nuez, et. al. 1995).

Según Blanco y Morales, 1990 citados por Nuez, F. 1995, en la Europa del siglo XV las especias tenían un gran valor económico y su control era un mecanismo de poder. El precio de la pimienta y otras especias era elevado lo que incitó a los navegantes a buscar una vía marítima, esto fue uno de los motivos principales del viaje de Cristóbal Colón. En el propio diario del Almirante, el martes 15 de enero de 1493 se lee "... también hay mucho ají, que es su pimienta, della que vale más que pimienta." Pedro M. de Angleria, en una carta fechada en setiembre de 1493 confirma que fue el propio Almirante quien introdujo el ají en España.

De acuerdo a lo expresado por Aldabe, L. 1978 el pimiento es originario de América y desconocido en Europa hasta el descubrimiento del nuevo mundo, con alta probabilidad los pimientos llegaron a EE.UU. no directamente desde su lugar de origen sino luego que se difundieron por Europa. Su importancia en la alimentación está dada por su alto contenido de vitamina C. Además de su valor alimenticio, su sabor particular, tanto en las variedades dulces como en las picantes, hace que intervenga en la dieta de la población de muchos países del mundo.

Todas las formas de pimiento, chile o ají utilizadas por el hombre pertenecen al género *Capsicum*. El nombre científico del género deriva del griego: según unos autores de *kapso* (picar), según otros de *kapsakes* (cápsula). Este género se incluye en la extensa familia de las Solanáceas . División *Spermatophyta*, Linea XIV *Angiospermae*, Clase A *Dicotyledones*, Rama 2 *Malvales-Tubiflorae*, Orden XXI *Solanales (Personatae)*, Familia *Solanaceae*, Género *Capsicum*, (Nuez, F. 1995).

La primera descripción detallada del pimiento, de que se tiene noticia, es la que Gonzalo Fernández de Oviedo realiza en el "Sumario de la natural y general historia de las Indias", Toledo, 1526, citado por Nuez, F. 1995.

En tiempos más modernos hay que resaltar el trabajo de Hunziker, 1956 citado por Nuez, 1995, quien realizó la que posiblemente sea la mejor sinopsis hecha del género, y considera que el género está dividido en tres secciones, *Tubocapsicum* y *Pseudoacnistus* con una sola especie cada una y *Capsicum* que incluye 24 especies.

Todas las especies del género, a excepción de *C. anomalum* son originarias de América. La distribución precolombina de *Capsicum*, se extendió probablemente desde el

borde más meridional de los EE.UU. a la zona templada cálida de Sud América (Heiser 1970 citado por Nuez, 1995). El proceso de domesticación es posible que ocurriera independientemente en varias áreas, empleando diferentes especies silvestres. Actualmente se cree que *C. pubescens* y *C. baccatum* fueron domesticados en Bolivia en áreas adyacentes. El complejo *annuum* fué domesticado al menos dos veces, un tipo *C. annum* en México y un tipo *C. chinense* en la Amazonía (Pickersgill, 1989 citado por Nuez, F. 1995).

Existe unanimidad histórica, en señalar como orígenes del pimiento, el Nuevo Mundo. Lo atestiguan los restos encontrados del mismo en yacimientos arqueológicos. Por el contrario, no existe referencia alguna sobre esta planta en las lenguas antiguas del Viejo Mundo (Alemán y col. citados por Zapata, M. 1992).

En Mesoamérica y más concretamente en México, el inicio de la domesticación de plantas está registrado arqueológicamente en las cuevas de Ocampo de la sierra de Tamaulipas (7.000-5.000 a.C.). La domesticación condujo a modificar la planta y especialmente los frutos. El hombre seleccionó y conservó una amplia diversidad de tipos por el color, tamaño, forma e intensidad del sabor picante. (Nuez, F. 1995).

La expansión del pimiento se ha hecho universal, siendo difícil encontrar algún lugar del mundo donde no se utilice alguno de sus productos. Su cultivo a diferencia de otras Solanáceas se expandió con gran rapidez, quizá contribuyó en parte su uso como especia análoga a la pimienta. (Nuez, F. 1995).

2.5.2 Producción mundial y nacional

El cultivo del pimiento se ha hecho universal, estando presente en la totalidad de las zonas templadas y cálidas del mundo. Siendo un cultivo de gran valor económico, es uno de los principales en cuanto a área cultivada y producción, ver cuadro N° 2.13. En cuanto a producción, es de destacar que el pimiento es un cultivo con una cantidad de materia seca relativamente alta, con lo cual su productividad es inferior a otras hortalizas cuyo contenido de agua es mayor.

Cuadro N° 2.13 Producción mundial de pimientos

Hortaliza	Área cultivada (1.000 has)	Producción (1.000 T.)
Tomate	2833	69145
Cebolla	1886	27977
Sandía	1875	28943
Coles	1683	36649
Pimiento	1107	9145
Pepino	920	13619
Guisante Verde	798	4825
Melón	717	12182
Calabazas	676	7933
Zanahoria	613	13511

Fuente: Anuario FAO 1991 citado por Nuez, F. 1996.

La importancia económica global se discute a partir de los datos suministrados por el anuario de producción de la FAO 1991. En general se observa que el pimiento es el quinto cultivo hortícola en lo que hace a superficie cultivada y el octavo en cuanto a producción total. El continente con mayor extensión dedicada a este cultivo es Asia, donde se encuentra más de la mitad del área mundial destinada a su producción. En América los países con mayor superficie son México y EE.UU. (Nuez, F. 1996).

En el Uruguay, ocupa el tercer lugar dentro de los cultivos hortícolas, pertenecientes a la familia de las Solanáceas, luego de la papa y el tomate. Su cultivo se realiza únicamente para el mercado interno, predominando las variedades dulces (morrones) sobre las picantes (ajíes) (Aldabe, L. 1978).

2.5.3 Aspectos morfológicos

Se cultiva como una planta herbácea anual. En relación con el tomate, la otra hortaliza solanácea no tuberosa de origen americano y expansión universal, el pimiento es más exigente en condiciones agroclimáticas. Las temperaturas inferiores a 15 °C retrasan o bloquean el desarrollo, siendo las temperaturas diurnas óptimas entre 23-25 °C y las nocturnas entre 18-20°C (Nuez, F. 1996).

Zapata, M. 1992, lo describe como una planta anual herbácea, con sistema radicular pivotante y profundo que puede llegar hasta 70-120 cm, provisto y reforzado de un número elevado de raíces adventicias. El tallo de crecimiento limitado y erecto con un porte que en término medio puede variar entre 0,5 y 1,5 m. Hojas lampiñas, enteras, ovales o lanceoladas con ápice acuminado y un pecíolo largo o poco aparente. Las flores poseen corola blanquecina, aparecen solitarias, su fecundación es claramente autógena. El fruto es una baya de color rojo o amarillo cuando está maduro. Las semillas son redondeadas ligeramente reniformes.

El sistema radical, parte de la planta que se desarrolla por debajo del suelo, en el pimiento consta de una raíz axonomorfa de la que se ramifican un conjunto de raíces laterales, posteriormente se forma una densa borla de raíces que profundiza en el suelo hasta unos 30-60 cm. La raíz desempeña un conjunto complejo y variado de funciones incluyendo el anclaje de la planta al suelo, la absorción y traslocación de agua y solutos, el almacenamiento de sustancias de reserva y la síntesis de reguladores de crecimiento. (Nuez, F. 1996).

El tallo y las ramas constituyen elementos estructurales esenciales de soporte de las hojas, flores y frutos, e intervienen en el transporte de savia bruta y elaborada, síntesis de fitohormonas, así como en otras funciones metabólicas. Como órganos estructurales constituyen el bastidor donde se ensamblan los principales órganos fotosintetizadores (hojas) y los reproductivos (flores y frutos). (Nuez, F. 1996).

Las hojas constituyen apéndices u órganos laterales del tallo. El pimiento tiene hojas simples de forma lanceolada o obovada, formadas por el pecíolo que las une al tallo y el limbo que es de borde entero o apenas sinuado en la base. La función principal de la hoja es realizar la fotosíntesis. (Nuez, F. 1996).

De acuerdo a lo expresado por Serrano, Z. 1978, las flores son los órganos reproductores de la planta, siendo en el pimiento hermafroditas. Son autógenas con un porcentaje no elevado de alopoligamia.

Del mismo modo Zapata, M. 1992, afirma que las flores poseen la corola blanquecina, aparecen solitarias en cada nudo y son de inserción aparentemente axilar. Su fecundación es claramente autógena no superando el porcentaje de alopoligamia del 10%.

Por otra parte Nuez, F. 1996, expresa que la flor esta compuesta por el cáliz con 5-8 sépalos, la corola formada por 5-8 pétalos, el androceo por 5-8 estambres y el gineceo por 2 -4 carpelos. Esta estructura de la flor del pimiento se representa de manera abreviada por la fórmula floral típica de la familia Solanaceae $K (5-8), / C (5-8), A (5-8) / G (2-4)$.

El fruto es una baya de color rojo o amarillo en la madurez. Su forma es muy variada dándose variedades de fruto alargado y variedades de fruto redondo, unas son de sabor dulce y otras de sabor picante, debiéndose este sabor picante a una sustancia llamada capsicina. Desde que se hace la plantación hasta que se inicia la recolección transcurren como término medio entre tres y cuatro meses. (Serrano, Z. 1978).

Las semillas, redondeadas y ligeramente reniformes suelen tener de 3 a 5 mm de longitud, se insertan sobre una placenta cónica de disposición central y son de un color amarillo pálido. Un gramo puede contener entre 150 y 200 semillas y su poder germinativo es de 3 a 4 años.(Zapata, 1992).

De acuerdo a lo expresado por Nuez, F. 1996 los cultivares de *Capsicum annum* no presentan fenómenos acusados de latencia, que sí se presentan en otras especies del género *Capsicum*.

2.5.4 Requerimientos de suelo

El cultivo de pimiento es más exigente en suelo y agua que el tomate y menos tolerante a la salinidad, el pimiento prefiere terrenos profundos, ricos en materia orgánica, sueltos, bien aireados y permeables donde no exista la posibilidad de estancamiento de agua. No es especialmente sensible a la acidez del suelo, adaptándose bien a un rango de pH entre 5,5 y 7,0 (Vilmorin 1977 citado por Nuez, 1996).

Del mismo modo Zapata, 1992 afirma con respecto al terreno de cultivo, que la planta de pimiento no se desarrolla bien en suelos arcillosos, prefiriendo aquellos con textura areno-limosa. En cualquier caso el suelo debe drenar perfectamente, ya que el exceso de humedad genera fácilmente la asfixia radicular y el desarrollo de enfermedades criptogámicas. El pH óptimo para su cultivo se sitúa entre 6,5 y 7. Se muestra sensible a la salinidad del suelo, influyendo negativamente sobre la calidad de la cosecha.

Coincidiendo con lo anterior, Serrano, 1978 sostiene que, el cultivo del pimiento puede tener problemas en suelos que retengan bastante la humedad, pudiendo sufrirse pérdidas de plantas por asfixia de raíces y presencia de enfermedades criptogámicas. Es menos resistente a la salinidad del suelo que el tomate. En suelos salinos la planta desarrolla poco y los frutos alcanzan menor tamaño que el normal.

Del mismo modo Morán, 1978, define la planta del pimiento como muy sensible a la salinidad del suelo, ubicándose el límite en el que se inicia la disminución del rendimiento en 1,5 mmhos/cm a 25°C, siendo de un 14% la disminución del rendimiento por unidad de incremento en salinidad por encima de la salinidad límite.

2.5.5 El proceso de germinación

La semilla es el órgano que establece el nexo entre generaciones, para que esto ocurra, debe germinar y desarrollarse una nueva planta. La germinación es la secuencia de eventos que transforman un embrión quiescente en uno metabólicamente activo. Este proceso es posterior al período de dormancia que es impuesto por el ambiente (agua, temperatura, oxígeno, luz), fisiológico (inmadurez del embrión, inhibidores del crecimiento) o morfológico (cubierta de la semilla).

En opinión de Nuez, 1996 bajo condiciones de almacenaje normales, las semillas de pimiento permanecen viables durante 5-8 años, aunque hay considerable variación entre cultivares. El contenido de humedad de la semilla óptimo para la conservación es entre 4 y 6 por ciento. Desde el punto de vista fisiológico, la germinación es un proceso que comienza con el humedecimiento de la semilla y termina con la salida de la radícula, pero desde el punto de vista agronómico, la germinación comienza cuando la semilla es puesta en el suelo húmedo y termina cuando el plantín emerge de la superficie.

La germinación de la semilla es un proceso complejo en el que suelen distinguirse tres fases: a) Hidratación. El agua va empapando el tejido de la testa y penetrando con mayor facilidad por la región del hilo, se produce un aumento de la respiración. b) Germinación estricta. La absorción de agua se reduce considerablemente. Se produce un notable aumento de la actividad enzimática con la consiguiente movilización de sustancias de reserva. c) Crecimiento. Se produce un constante incremento de la absorción de agua y de la actividad respiratoria. La testa se rompe y emerge la radícula. (Nuez, 1996).

Por otra parte Chamarro, 1995 afirma que la germinación depende de la variedad, de las condiciones de almacenamiento de las semillas y de las condiciones medioambientales. El momento de la recolección de los frutos, destinados a la obtención de semillas, también afecta a la viabilidad de las mismas y en los frutos que no han alcanzado la madurez fisiológica, la viabilidad es menor cuanto más precoz es la recolección.

La semilla se considera como individuo específico en estado de reposo, capaz, mediante el estímulo de una excitación especial, de pasar de dicho estado al vegetativo, para continuar las manifestaciones de la especie que representa. El estado de reposo de las semillas no es infinito algunas se conservan mucho tiempo otras muy poco. El paso de una semilla del estado de reposo al vegetativo se llama germinación, y el período durante el cual puede mantenerse sin perder la propiedad de germinar constituye la duración de la facultad germinativa.(Tiscornia, 1978).

2.5.5.1 Factores ambientales que determinan la germinación

La profundidad de siembra es específica de cada especie, debe ser lo suficientemente profunda como para que la semilla disponga de la humedad necesaria, pero también lo suficientemente somera, para que la plantúla tenga capacidad de llegar a la superficie. En el caso del morrón Rodríguez y Ayuso citados por Nuez, 1996 observaron que profundidades de 3-4 cm producían mejores porcentajes de emergencia que las de 1-2 cm, ello era probablemente debido a la mayor dificultad de mantener la humedad uniforme en la capa más superficial.

En opinión de Tiscornia, 1978 en caso de que la profundidad sea excesiva puede no haber emergencia o verse disminuída, así como dar plantúlas débiles, dado que éstas gastan mucha energía en llegar a la superficie. La capa de tierra que cubre a la semilla debe ser de espesor similar al diámetro de la semilla.

El rango óptimo de temperatura es entre 20 y 30 °C, a temperaturas próximas a 30

grados la germinación es más rápida que con temperaturas más bajas, a 35 °C no se produce germinación. (Cavero et al. citados por Nuez, 1996).

Cada especie tiene particulares exigencias térmicas, con un mínimo y un máximo más allá de los que no se produce la germinación, y un optimun en el que la semilla germina en menor tiempo (Tiscornia, 1978).

Con respecto a este tema Serrano, 1978 sostiene que la semilla de morrón no germina por debajo de 13 °C ni por encima de 40 °C, teniendo como punto óptimo de germinación una temperatura de 25 °C. (ver cuadro 2.14).

Cuadro N° 2.14 Germinación de la semilla de pimiento según la temperatura

Temperatura °C	5	10	15	20	25	30	35	40
Plántulas normales %	0	1	70	96	98	95	70	0
Número de días		25	12	9	8	9		

Fuente Serrano, Z. 1978.

* Profundidad de siembra 1,25 cm.

De acuerdo a lo expresado por Serrano, 1978, la germinación se inicia cuando la semilla se hidrata, por lo que el grado de humedad del suelo debe ser el adecuado, pero no excesivo ya que la aireación del mismo también es de fundamental importancia. El cultivo de pimiento, puede tener problemas en suelos que retengan bastante la humedad, pudiendo sufrir pérdidas de plantas por asfixia de raíces y presencia de enfermedades criptogámicas.

La germinación se produce mejor en la oscuridad, en algunos cultivares resulta inhibida por la luz.

Según Morán, 1977 la salinidad afecta a las plantas en todas las etapas de su desarrollo y para algunos cultivos la sensibilidad varía de una etapa de crecimiento a la siguiente.

Por otra parte en opinión de Serrano, 1978, el pimiento es menos tolerante a la salinidad que el tomate, en suelos salinos desarrolla poco.

La alta salinidad del suelo es un factor limitante para el cultivo de pimiento, que es considerado moderadamente sensible (Maroto, citado por Nuez, 1996). Se estima que en suelos con conductividades eléctricas del extracto saturado de 2 mmhos/cm se produce una pérdida de 10 % en el rendimiento (Lorenz y Mainard citados por Nuez, 1996)

Los altos contenidos de sales en el suelo pueden provocar el enanismo o la muerte de las plantas, tanto en semillero como en la parcela de cultivo. De alguna manera los síntomas de salinidad son aparentemente similares a los provocados por la falta de agua. En semillero o almácigo se pueden observar amarillamientos y necrosis apicales, con muerte posterior de las plantas. También es frecuente observar quemaduras en raíces o hipocotilo, según el grado en el que se encuentre el alto contenido de sales (Nuez, F. 1996).

2.5.5.2 Factores fisiológicos que afectan la germinación

Según Cavero et al. citados por Nuez, 1996 el vigor germinativo de las semillas es mayor cuando éstas son colectadas de frutos pasificados que de frutos maduros o entreverados.

Los cultivares de *Capsicum annum* no presentan fenómenos acusados de latencia de las semillas. En otras especies del género *Capsicum* sí se presenta el fenómeno. En estos casos, la latencia puede ser superada haciendo germinar las semillas en un medio

inerte humedecido con una solución de nitrato potásico 0,2 M, bajo luz blanca y en un régimen alternante de temperaturas, 20/39 °C o 15/30 °C (Nuez, 1996)

2.5.6 Crecimiento del plantín

En los cultivos intensivos de pimiento la realización de los semilleros, con objeto de obtener plantas en condiciones adecuadas para el trasplante, es uno de los aspectos a los que más atención hay que prestar para conseguir resultados económicos satisfactorios.

Según Serrano, 1978, la planta está en condiciones de ser plantada en terreno de asiento cuando la altura media del tallo es de unos 10 a 12 cm, tiene de 5 a 10 hojas y un buen desarrollo vegetativo. No conviene plantar pimientos muy desarrollados, pues se defolian y el tallo se queda hueco.

Por otra parte en opinión de Nuez, F. 1996, la planta ideal es una planta endurecida, de altura entre 25 y 30 centímetros y con tallo grueso y duro.

En opinión de Tiscornia, J. 1978 uno de los factores principales a tener en cuenta es la iluminación, dado que es una etapa donde la falta de luz, puede provocar la etiolación de los plantines con la consiguiente pérdida de calidad de los mismos.

2.5.6.1 Factores ambientales que afectan el crecimiento y desarrollo

En opinión de Zapata, 1992, el pimiento es un cultivo de clima cálido, por tanto exigente en calor, las temperaturas óptimas para su desarrollo oscilan entre 20-25 °C las diurnas y 16-18 °C las nocturnas. Según este autor es muy importante que durante el período de germinación y desarrollo de la plántula la temperatura no baje de 18 °C ya que esto influiría negativamente en la producción dado que las primeras flores son inducidas en la etapa de semillero.

Según Serrano, 1978, el desarrollo de la planta es deficiente cuando las temperaturas oscilan alrededor de 15 °C y si la temperatura es menor de 10 °C la planta paraliza su crecimiento; con temperaturas superiores a 35 °C la planta se ve afectada.

De acuerdo a lo expresado por Nuez 1996 la mayoría de las plantas antocladiales parecen ser fotoperiódicamente neutras, sin embargo algunos cultivares de pimiento prefieren el fotoperiodo corto o normal. Así Studencova 1964, citado por Nuez, 1996, señala que en muchos cultivares americanos y europeos, las plantas crecen más vigorosamente, florecen y maduran más precozmente y tienen producciones superiores en días de 12 horas de luz natural.

2.5.6.2 Factores edáficos que afectan el crecimiento y desarrollo

Dominguez, A. 1993, sostiene que las exigencias de nitrógeno son muy intensas en las primeras fases de desarrollo, por otra parte el adecuado suministro de fósforo resulta esencial, y lo considera un cultivo sensible a las deficiencias de magnesio.

Como sostiene Serrano, 1978, el "cultivo del pimiento no es demasiado exigente en fósforo, en comparación con otros cultivos de invernáculo. Una carencia en tal elemento provoca que la lignificación de los tejidos de los tallos del pimiento no se haga correctamente, llegando a quebrarse bastantes ramas en las operaciones culturales y con el peso de los frutos cuando están desarrollados."

De acuerdo a lo expresado por Nuez, 1996, el coeficiente de consumo de agua indica la cantidad de agua necesaria para el desarrollo de una unidad de peso de cosecha. De forma grosera, este coeficiente es aproximadamente 1/3 del coeficiente de transpiración. Aunque el coeficiente de consumo de agua sirve para determinar la cantidad de agua a aportar al cultivo, adolece del inconveniente de su gran variabilidad. Como cifra orientativa se puede señalar que se consumen entre 60 y 100 litros de agua por cada quilo de fruto fresco producido.

La alta salinidad del suelo es un factor limitante para el cultivo de pimiento que es considerado como moderadamente sensible, Maroto, 1990 citado por Nuez, 1996. Por otra parte es considerado sensible a la salinidad del agua de riego, ya que puede provocar pérdidas de rendimiento, además el uso de aguas salinas sobre el follaje, podría ocasionar daños por quemado de hojas, al concentrarse las sales sobre las mismas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo se realizó en el campo experimental Centro Regional Sur (CRS) de la Facultad de Agronomía, ubicado en Progreso departamento de Canelones. La instalación del mismo se llevó a cabo en un invernáculo de 8 metros por 30, orientado norte-sur, construido en base a madera de eucalipto y polietileno con tratamiento ultravioleta y térmico, de 80 micrones de espesor. Se usaron para la obtención de plantines, almacigueras de poliuretano expandido Bromuros de 104 alvéolos con una capacidad de 55 cc cada uno.

La variedad de morrón empleada fue Maor, la que se sembró en diferentes mezclas de sustrato. Productores del departamento de Rocha, integrantes del Proyecto para la Biodiversidad y Desarrollo Sustentable (PROBIDES) proporcionaron los compost y vermicompost a evaluar, los que se obtuvieron mediante técnicas de compostado y vermicompostado en base a cáscara de arroz mezclada con estiércol de vaca, cerdo o ave respectivamente.

Los sustratos empleados fueron elaborados en base a diferentes porcentajes de los materiales aportados y tierra, y el testigo constituido de 100 % de la misma tierra. Como testigo se utilizó suelo, que se sacó del campo experimental, siendo un Brunosol, originado sobre formación Libertad. El riego se realizó en forma periódica a los efectos de mantener estable la disponibilidad de agua para las plantas. No se efectuaron tratamientos sanitarios ni aporte de fertilizante durante el ensayo ni con anterioridad.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

3.2.1 Diseño experimental

Se realizó un diseño de bloques completos aleatorizados con arreglo factorial de los tratamientos, con 13 tratamientos (ver cuadro 3.1) y 6 repeticiones cada uno. Se realizó el análisis de los datos con el procedimiento GLM del sistema SAS y en aquellos casos en que se rechazó la hipótesis nula del análisis de varianza se efectuaron pruebas t de comparación

de medias ajustadas. Cada unidad experimental fue una almaciguera de 104 plantines, considerando los 13 tratamientos se manejó una población de 8.112 plantines. Se eligieron las 10 plantas centrales de cada bandeja para realizar las mediciones de las variables a estudiar.

Los parámetros estudiados fueron emergencia y número de plantas con la primer hoja verdadera que da una idea de precocidad, así como altura y diámetro del plantín expresado en milímetros, los que tienen una correlación directa con la calidad de la planta. Se hicieron mediciones sin realizar análisis estadístico de peso fresco y seco de raíz y parte aérea expresado en gramos y número total de hojas verdaderas al momento del trasplante.

Se realizó además, el cálculo del coeficiente de correlación simple de Pearson, entre la salinidad y el número de plantas emergidas en la primer fecha, es decir a los 21 días de efectuada la siembra, independientemente de que sustrato se tratara. El mismo coeficiente, se halló para la salinidad y el número de plantas con hoja verdadera en la primer fecha de medición de este parámetro, es decir a los 33 días de efectuada la siembra.

3.2.2 Sustratos empleados

Los materiales que se emplearon para la preparación de los sustratos fueron tres tipos de compost y tres tipos de vermicompost mezclados cada uno de ellos en proporciones de 25 y 50% con tierra, la que a su vez se utilizó como sustrato testigo. A partir de estiércol de ave, vaca y cerdo mezclado con cáscara de arroz se obtienen los tres tipos de compost y los tres tipos de vermicompost que se usaron, dando así un total de seis productos diferentes que al ser mezclados en dos proporciones y ser comparados con el testigo hacen el total de trece tratamientos evaluados (ver cuadro 3.1).

Cuadro N° 3.1 Sustratos evaluados en el ensayo

Condición	Composición	Origen	Porcentaje	Abreviatura
testigo	testigo	testigo	testigo	TEST
tratado	compost	ave	25 %	CA25
			50 %	CA50
		cerdo	25 %	CC25
			50 %	CC50
		vaca	25 %	CV25
			50 %	CV50
	vermicompost	ave	25 %	VCA25
			50 %	VCA50
		cerdo	25 %	VCC25
			50 %	VCC50
		vaca	25 %	VCV25
			50 %	VCV50

3.2.3 Manejo del almácigo

La variedad de morrón utilizada en el ensayo fue "Maor", se caracteriza por ser tipo Bloky o sea de fruto corto tendiendo a ser cuadrado y de pared gruesa. Se realizó la siembra el día 8 de setiembre de 1995, en el invernáculo. El ensayo finalizó el 8 de noviembre.

En cada alvéolo se colocaron 3 semillas a 5 mm de profundidad, para lo cual se usó un marcador especialmente diseñado para tal fin, con el que se realizaron los 104 agujeros simultáneamente, una vez realizada la siembra se regó con regadera hasta dejar el sustrato a capacidad de campo, luego se mantuvo la humedad con riegos periódicos. No se efectuaron tratamientos sanitarios ni fertilizaciones durante el ensayo.

3.3 OBSERVACIONES REALIZADAS

A los 18 días de la siembra comienza la emergencia de los plantines, posteriormente se realizan cuatro conteos de emergencia tomándose aquellos alvéolos que tenían por lo menos un plantín emergido, estas mediciones se realizaron a los 21, 23, 25 y

42 días de efectuada la siembra. A los 25 días se efectuó un raleo de plantas dejando sólo una por alvéolo y sacándose también en forma manual las malezas existentes.

A los 47 días se realizó una medición de la altura del plantín usando para tal fin una regla milimetrada, relevándose los datos de las 10 plantas centrales en cada tratamiento. A los 54 días se volvió a medir la altura de las mismas plantas, llevándose a cabo además la medición del diámetro empleándose para ello un calibre electrónico. A los 61 días se efectuaron mediciones de altura y diámetro del plantín en las mismas plantas y con los mismos instrumentos.

A los 33, 39, y 42 días se realizaron conteos de las plantas que tenían por lo menos una hoja verdadera totalmente desarrollada. Finalmente a los 61 días se determina que las plantas están aptas para ser llevadas a campo y se realiza un conteo del número de hojas verdaderas sobre 10 plantas de las repeticiones uno y cinco, sobre estas mismas plantas se mide el peso fresco de raíces y parte aérea por separado y luego de secadas a estufa se midió el peso seco de raíz y parte aérea.

3.4 REGISTROS Y ANÁLISIS

3.4.1 Análisis de semilla

La semilla que se empleó en el ensayo, fué sometida a un test de germinación en la Dirección de Sanidad Vegetal del MGAP, según las normas de la International Seed Testing Association con conteos a los 7 y 14 días. Las semillas fueron puestas en cámara húmeda sobre papel a una temperatura que oscilaba entre 20 y 30 °C alternando luz y oscuridad.

3.4.2 Análisis de sustratos

Se realizaron análisis físico y químico de los sustratos en la Dirección de Suelos y Aguas del MGAP.

3.4.2.1 Análisis físico

El análisis físico se realizó con la finalidad de determinar los siguientes parámetros: densidad aparente, porosidad total, macroporosidad y retención de agua. La metodología

utilizada fue ajustada para este ensayo y tiene como objetivo permitir comparar los sustratos entre sí (Liesegang, J. 1996 com. pers.).

En un primer momento se realizó la molienda de los diferentes sustratos con martillo de madera con la finalidad de homogeneizar los materiales y permitir el empaquetado, la fracción que se utilizó fue aquella que pasó una malla de 4.75 mm. Luego se colocaron las fracciones en aros de metal de 100 cc los que tenían un lienzo como filtro en su parte inferior sujetado por dos bandas elásticas; éstos fueron puestos en una bandeja con 1 cm de agua para lograr la saturación, la bandeja se mantuvo tapada por 24 horas.

Luego se pesaron los sustratos en saturación total, para obtener la porosidad total, se dejó drenar sobre una bandeja con 1 cm de arena humedecida por 24 horas y se pesó para conocer el contenido de agua a capacidad de campo, se dejó drenar por 24 horas más y se volvió a pesar. Se secaron en estufa a 105 °C por 30 horas y se obtuvo el peso seco de cada fracción, a continuación se realizó el peso del cilindro, lienzo y bandas elásticas de cada sustrato, a fin de realizar los cálculos.

3.4.2.2 Análisis químico

En los compost y vermicompost puros se determinaron los contenidos totales de cada elemento, considerándose que lo más interesante es conocer el aporte total a largo plazo que realizarán al suelo una vez mezclados. En los sustratos que se obtuvieron de su mezcla con suelo, se realizó un análisis estándar igual al que se realiza habitualmente en las muestras de suelo, ya que aquí lo que interesa es conocer la disponibilidad de los nutrientes para las plantas.

Se midió el pH en agua en una mezcla sustrato /agua de 1 / 2.5, pH en cloruro de potasio uno normal en igual proporción, el nitrógeno total por el método Kjeldhal modificado, el carbono orgánico se determinó por oxidación con dicromato de potasio en ácido sulfúrico, fósforo total por calcinación y colorimetría, magnesio y calcio total por calcinación y espectrofotometría de absorción atómica, sodio y potasio total se determinaron por calcinación y espectrofotometría de emisión.

La materia orgánica se midió por calcinación de los sustratos y en el testigo por el método de oxidación con dicromato de potasio en ácido sulfúrico, el fósforo disponible se

determinó por el método BRAY 1, calcio, magnesio, sodio y potasio intercambiables por extracción con acetato de amonio 1 normal y espectrofotometría, finalmente la salinidad se midió en mezcla sustrato - agua en relación 1 / 5 en función de la conductividad eléctrica de dicha solución.

3.4.3 Análisis de agua

Con respecto al agua que se usó para el riego de las almacigueras durante todo el ensayo, los parámetros que se midieron fueron los siguientes: conductividad eléctrica (CE) mediante un puente de conductividad HORIBA ES 12 de despliegue digital reportado a 25 °C usándose un coeficiente por temperatura de 2 % / grado centígrado, potencial hidrógeno (pH) medido con peachimetro HANNA 8417 de despliegue digital (escala 0-14), los cationes fueron determinados por espectrofotometría de absorción (calcio y magnesio) y emisión atómica (potasio y sodio) con un espectrofotómetro de absorción atómica PERKIN ELMER 3100, los resultados son expresados en miliequivalentes por litro (meq/l), los aniones son determinados por volumetría de precipitación (cloruro y nitrato de plata) y se expresan en miliequivalentes por litro (meq / l.)

3.4.4 Registro de temperatura

La temperatura ambiente, dentro del invernáculo, fue registrada con un termómetro de máxima y mínima que se ubicó aproximadamente en el centro, a una altura de 1.5 metros sobre el nivel del suelo. Se realizaron medidas periódicas hasta que se determinó que los plantines estaban prontos para su trasplante.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE LOS SUSTRATOS

4.1.1 Caracterización Física

En el cuadro 4.1 se presentan los resultados obtenidos en los análisis físicos de los sustratos evaluados y del suelo usado como testigo. Los sustratos están ordenados de acuerdo al material orgánico utilizado (compost y vermicompost) y los porcentajes (25 y 50%) en que se encuentran mezclados con suelo.

Cuadro N° 4.1 Análisis físico de los sustratos evaluados

Sustrato	Densidad aparente *	Porosidad total %	Retención de agua %	Macroporosidad %
CA25	0,94	64,35	42,00	22,35
CA50	0,82	66,19	43,20	22,99
CC25	0,93	63,67	43,68	19,99
CC50	0,83	63,80	43,65	20,15
CV25	0,85	65,73	40,92	24,81
CV50	0,82	64,87	43,36	21,51
TESTIGO	0,98	62,60	45,38	17,22
VCA25	1,00	61,29	50,22	11,07
VCA50	0,94	66,42	44,35	22,07
VCC25	0,92	62,67	44,93	17,74
VCC50	0,89	64,56	46,22	18,34
VCV25	0,90	65,47	44,29	21,18
VCV50	0,87	64,14	42,22	21,92

* Densidad aparente en g/cc.

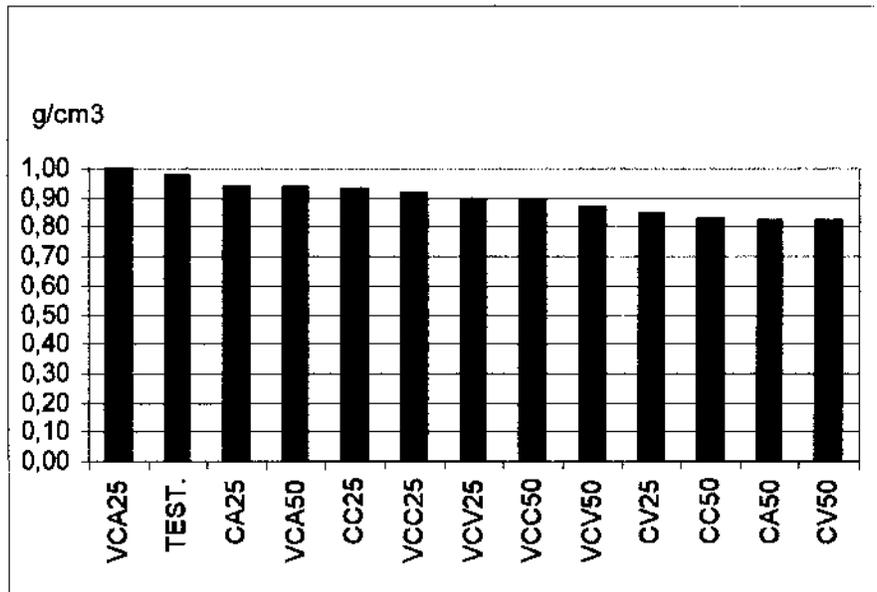
Fuente: Dirección de Suelos y Aguas MGAP.

Se observa que los sustratos elaborados en base al agregado de abonos orgánicos presentaron en valores absolutos una mayor porosidad total y macroporosidad, mientras que

tuvieron una menor densidad aparente y capacidad de retención de agua, respecto al testigo, salvo el vermicompost de ave al 25%.

En el gráfico N° 4.1 se presentan los valores de densidad aparente de los sustratos evaluados en el ensayo, ordenados en forma descendente.

Gráfico N° 4.1 Densidad aparente de los sustratos

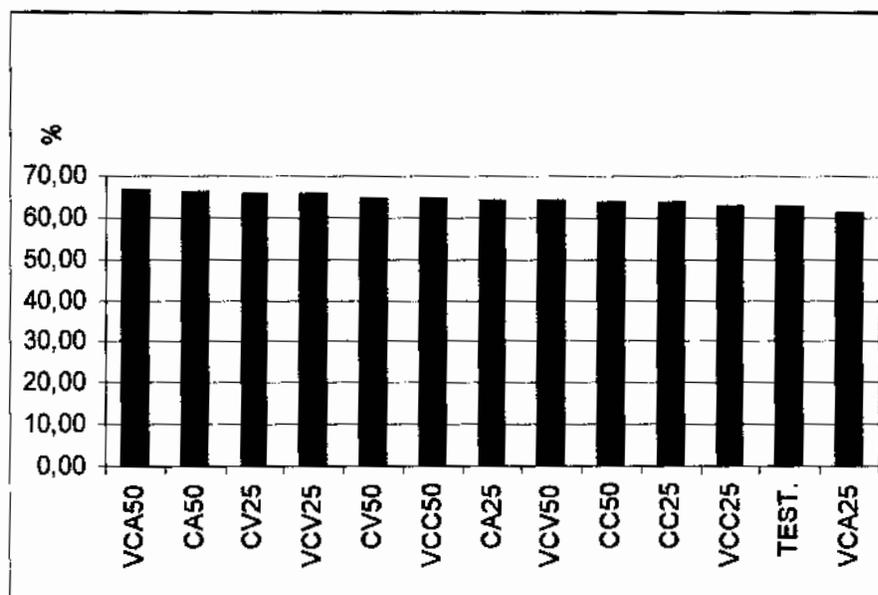


El valor de densidad aparente de los sustratos varió en el rango de 0.82 a 1.0 g/cc, dichos valores difieren de los valores de los sustratos orgánicos que plantea Raviv et. al. 1986, de 0,05 a 0.3 g/cc y los de Abad et. al. 1992, citados por Ansorena 1994, menores a 0.4 g/cc .Se debe resaltar que estos autores se refieren a sustratos puros, de diferente origen y que los analizados en el ensayo contienen un porcentaje de suelo importante (50 ó 75%).

Por otra parte, los vermicompost tuvieron una mayor densidad aparente que los compost elaborados en base al mismo estiércol y con el mismo porcentaje de mezcla, lo que indica que los primeros poseen una menor granulometría. Esto se debe a que el pasaje de los materiales a través del tubo digestivo de la lombriz, provoca una trituración de los mismos (Kiehl, E. J. 1985).

Como se ve en el gráfico 4.2, los resultados obtenidos de porosidad total, en los sustratos, inclusive el testigo, variaron dentro del rango 61,29 a 66,42%. De Bodt y Verdonck, citados por Raviv et. al. 1986, y Abad y col. citado por Ansorena 1994, definen el parámetro físico espacio poroso total (TPS) el cual es asimilable a porosidad total. De acuerdo a lo referido por estos investigadores, el valor óptimo de porosidad es de 85%, valor al que ninguno de los sustratos evaluados se aproxima. Debe tenerse en cuenta que la baja porosidad es consecuencia del alto contenido de suelo en los sustratos evaluados.

Gráfico N° 4.2 Porosidad total de los sustratos

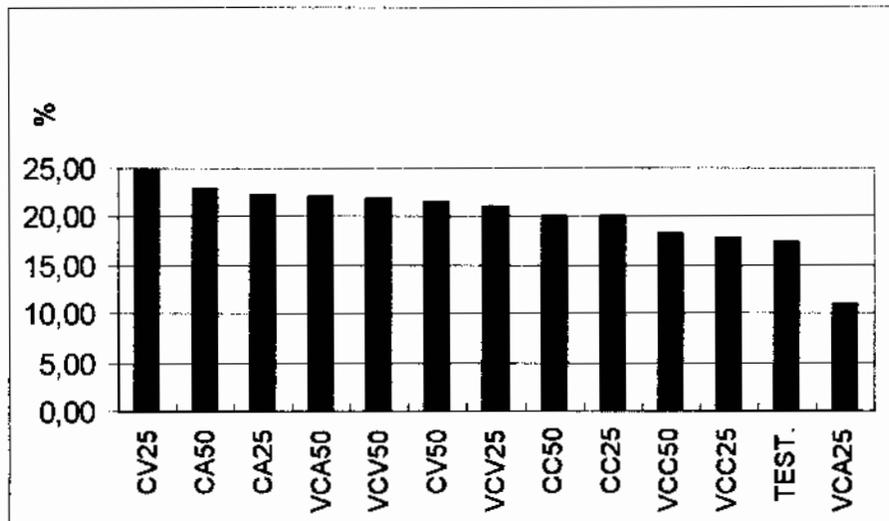


Si bien los valores obtenidos no presentan diferencias importantes, es posible apreciar que el agregado de materiales orgánicos aumentó el valor de porosidad de los sustratos respecto al suelo testigo. Esto coincide por lo afirmado por Pizarro, F. 1990, la porosidad de los suelos minerales está comprendida entre 40 y 50%, pero en suelos con alto contenido de materia orgánica este valor aumenta y puede llegar a 90%.

Al estudiar los valores obtenidos de macroporosidad, se observa que es donde los sustratos presentan mayores diferencias relativas entre sí (ver gráfico 4.3). Se debe tener presente que esta variable es de importancia en sustratos orgánicos ya que suministra oxígeno a la planta y a la microflora y microfauna que metabolizan las partículas orgánicas presentes.

Ansorena, J. 1994, afirma que la macroporosidad es la parte de la porosidad que está ocupada por aire y es la propiedad física más importante de los sustratos empleados en cultivo en contenedores.

Gráfico N° 4.3 Macroporosidad de los sustratos



De Bodt y Verdonck citados por Raviv et. al. 1986, definen el contenido de aire de un sustrato (macroporosidad), y lo ubican en un rango óptimo de 10 a 30%. De la misma forma Abad y col., citado por Ansorena, 1994, sugieren este rango como deseable.

Los valores que se obtuvieron de los sustratos empleados en el ensayo, entran dentro del rango señalado en la bibliografía, por lo que no es de esperar en el caso de morrón problemas de aireación.

Según Domínguez, 1993, los cultivos difieren en el nivel de tolerancia a la aireación del suelo que está determinado por el porcentaje de macroporosidad. Por otra parte Serrano, 1978, afirma que el pimiento puede tener problemas en suelos que retengan bastante la humedad, pudiendo sufrir pérdida de plantas por asfixia de raíces y presencia de enfermedades criptogámicas.

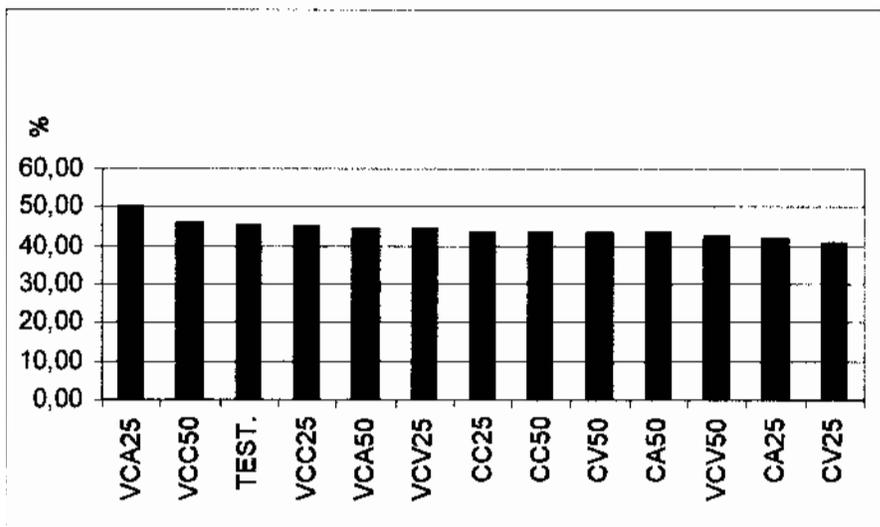
De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede afirmar que el agregado de abonos orgánicos con una mayor granulometría que el suelo testigo provocó una disminución de la densidad aparente, así como un aumento de la porosidad total y de la

macroporosidad, coincidiendo con lo afirmado por Ansorena, 1994, respecto a que la porosidad aumenta a medida que lo hace el tamaño medio de partícula.

Según afirma Domínguez, 1993 el nivel de materia orgánica tiene un marcado efecto mejorador de las condiciones físicas del suelo, aumenta la aireación, la permeabilidad, la capacidad de reserva de agua, etc. En el gráfico Nro 4.3 se observa una tendencia al aumento de la macroporosidad en casi todas las mezclas, con respecto al testigo, sólo el vermicompost de ave al 25% tuvo un comportamiento diferente a los demás, quedando por debajo del testigo.

La disponibilidad de agua en el suelo, es un factor de carácter prioritario para la planta, por lo que es imprescindible conocer la capacidad de almacenamiento por parte del suelo. En el gráfico 4.4 se presentan los valores obtenidos de retención de agua en este ensayo para los diferentes sustratos, ordenados en forma descendente.

Gráfico N° 4.4 Retención de agua de los sustratos



Se observa que los valores hallados de retención de agua no presentan diferencias de importancia. Pizarro, F. 1990 afirma que la retención de agua esta dada por la superficie de las partículas, es decir que a menor tamaño de partícula mayor superficie, por lo que en los sustratos de menor granulometría es de esperar una mayor retención de agua. El valor de retención de agua depende de la porosidad total.

Ansorena, J. 1994, afirma que una mezcla que tenga una elevada porosidad, tendrá buena aireación y retención de agua, si existe una buena distribución en el tamaño de los poros. De acuerdo a este autor el valor de retención de agua de la turba es de 55% por lo que puede decirse que los valores de los sustratos analizados son buenos.

De acuerdo a lo visto en este ensayo, la mejoría en los parámetros físicos de los sustratos, en los que fueron empleados abonos orgánicos, no se manifestó en diferencias en el crecimiento de los plantines. Por lo que no es posible extraer conclusiones al respecto.

El molido de las muestras a analizar pudo haber hecho perder las diferencias en granulometría, por lo que no se observan valores distintos de retención de agua en los sustratos. Es bueno resaltar, que la metodología empleada en la medición de los parámetros físicos de los sustratos puede haber resultado inapropiada, por tratarse de técnicas no ajustadas suficientemente. Los valores obtenidos pueden ser poco fiables y por lo tanto su comparación con otros resultados.

Debe tenerse en cuenta que no solo los aspectos anteriormente analizados son importantes. Los sustratos que se emplean como medio de cultivo de plantines, deben permitir al momento del trasplante, que el cepellón salga fácilmente y que no se produzcan lesiones en el sistema radicular. Esto se logra con el uso de materiales para las almácigueras, de baja o nula porosidad y que los sustratos empleados tengan características físicas tales que le confieran baja adherencia.

4.1.2 Caracterización Química

4.1.2.1 Análisis químico de los materiales puros

En el cuadro siguiente se presentan los resultados de los análisis químicos standard, realizados a los materiales puros vermicompostados y compostados que luego se usaron como insumo para la confección de los sustratos evaluados.

Cuadro N° 4.2 Análisis químico de los compost y vermicompost puros

	C. Vaca	V. Vaca	C. Ave	V. Ave	C. Cerdo	V. Cerdo
pH H ₂ O	6,50	6,60	6,20	6,60	6,50	6,40
pH KCl	6,30	6,20	5,80	6,20	6,20	6,20
N total %	0,99	0,69	0,72	0,56	0,94	0,83
C org. %	17,00	11,00	15,00	9,00	17,00	12,00
Relac. C/N	17,17	15,94	20,83	16,07	18,09	14,46
P total %	0,49	0,14	0,29	0,12	0,67	0,65
Ca total %	1,01	0,40	0,62	0,40	1,58	0,81
Mg total %	0,27	0,11	0,09	0,08	0,29	0,40
Na total %	1,99	1,36	1,02	0,96	2,21	1,89
K total %	0,20	0,14	0,11	0,10	0,22	0,19

Fuente: Dirección de Suelos y Aguas MGAP.

Con respecto al pH, se puede afirmar que no existen diferencias importantes, siendo los valores hallados débilmente ácidos, adecuados para el cultivo del morrón, según señala la bibliografía, (Nuez, F. 1996).

Se observa una tendencia al incremento de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg y Na) en los materiales compostados respecto a los vermicompostados. Esto concuerda con la bibliografía consultada que señala que los materiales vermicompostados presentan mayor estabilidad en su materia orgánica y por tanto entonces liberan menos nutrientes a la solución del suelo (Compagnoni, L. et. al. 1990; Kiehl, E. 1985). Los compost logran su estabilidad en mayor tiempo.

Considerando los materiales según el origen del estiércol, se observa que los que provienen de cerdo presentan mayores niveles de nutrientes que los elaborados en base a estiércol de vaca y estos mayores que los de ave.

La relación C/N es un indicador del estado de degradación o estabilización de la materia orgánica. Los resultados obtenidos muestran un balance equilibrado, el rango encontrado fue 14,46 a 20,83. Esto coincide con Domínguez, 1993 que afirma que los productos con una relación entre 15 y 30 (estiércol, residuos de trébol, etc.) tienen un

balance relativamente equilibrado. También se observa que los valores de la relación C/N son más elevados en los compost, indicando una mayor estabilidad de los vermicompost.

4.1.2.2 Análisis químico de los sustratos

En el cuadro 4.3 se presentan los datos del análisis químico de los sustratos evaluados en el ensayo, incluso el suelo usado como testigo.

Cuadro N° 4.3 Análisis químico de los sustratos evaluados

Sust.	Mat. org.	pH H ₂ O	pH KCl	P disp.	Ca interc.	Mg interc.	K interc.	Na interc.	Ce
CA25	10	6,4	5,8	101	9,2	9,41	1,23	0,80	0,26
CA50	14	6,1	5,7	244	12,2	6,66	1,75	0,95	0,44
CC25	10	6,6	6,1	290	13,4	7,02	1,76	1,30	0,36
CC50	17	6,5	6,3	575	13,6	8,00	2,45	1,51	0,98
CV25	10	6,5	6,1	244	8,9	10,06	1,29	0,66	0,34
CV50	13	6,5	6,1	363	7,7	4,94	1,44	0,53	0,90
TEST.	3,8	6,3	5,2	7	11,7	5,78	0,90	1,05	0,10
VCA25	8	6,6	5,9	49	7,9	3,64	0,96	0,71	0,28
VCA50	10	6,6	6,0	73	10,5	5,45	1,60	0,92	0,48
VCC25	9	6,6	6,1	325	6,9	5,23	1,34	0,88	0,48
VCC50	12	6,5	6,2	575	5,8	6,61	1,61	0,89	0,85
VCV25	9	6,7	6,0	48	7,4	3,27	0,96	0,70	0,28
VCV50	11	6,7	6,0	74	9,8	5,36	1,63	0,99	0,42

* P en partes por millón, K, Ca, Mg y Na en meq. Mat. org. en % y Ce en mmhos/cm.

Fuente: Dirección de Suelos y Aguas MGAP

El análisis químico del suelo muestra un elevado nivel de materia orgánica (3,8 %), valor alto que corresponde con el nivel relevado en otros suelos de similar origen y características.

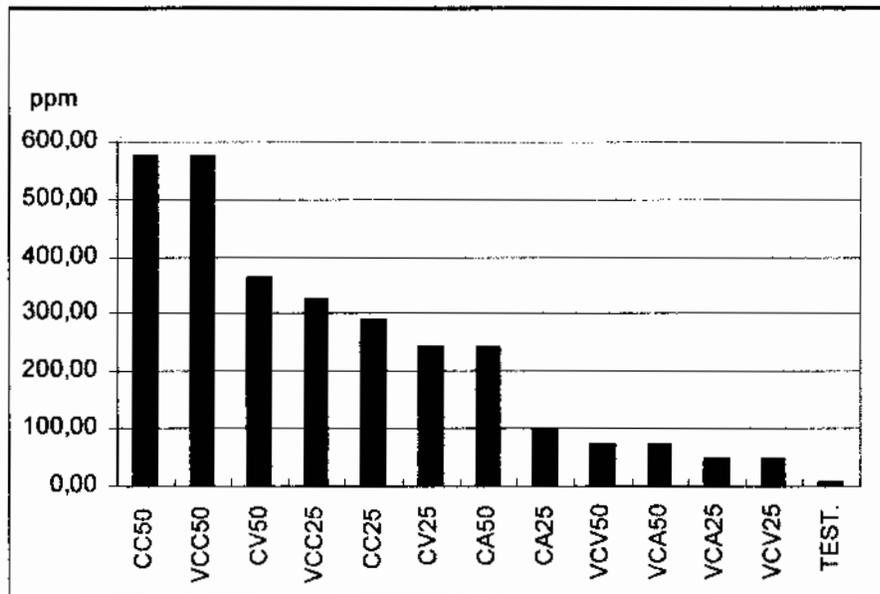
Respecto al contenido de nutrientes se observa que presenta un bajo nivel de fósforo y alto contenido de sodio, el pH está en el rango adecuado para el cultivo de morrón.

Los sustratos elaborados en base a compost presentan mayores contenidos de materia orgánica y mayores contenidos de nutrientes respecto a los vermicompost. Esta situación se vuelve más marcada cuando aumenta el contenido de abono en los sustratos.

La conductividad eléctrica tuvo el menor valor en el suelo testigo, los valores más altos se registraron en los sustratos elaborados en base a estiércol de cerdo.

En las siguientes gráficas, se presentan los valores, respecto a los nutrientes y el contenido de materia orgánica obtenidos del análisis químico de los sustratos, ordenados en forma descendente.

Gráfico N° 4.5 Fósforo disponible en los sustratos



Los niveles de fósforo, encontrados en todos los sustratos en mezcla con materiales orgánicos, son muy altos respecto al suelo testigo, el que presentó niveles bajos, según las pautas para la interpretación del análisis químico de suelos elaboradas por el Ing. Agr. Zamalvide (com. pers.). Los niveles de fósforo bajos según la bibliografía (Nuez, F. 1996.) pueden afectar el crecimiento y desarrollo de los plantines.

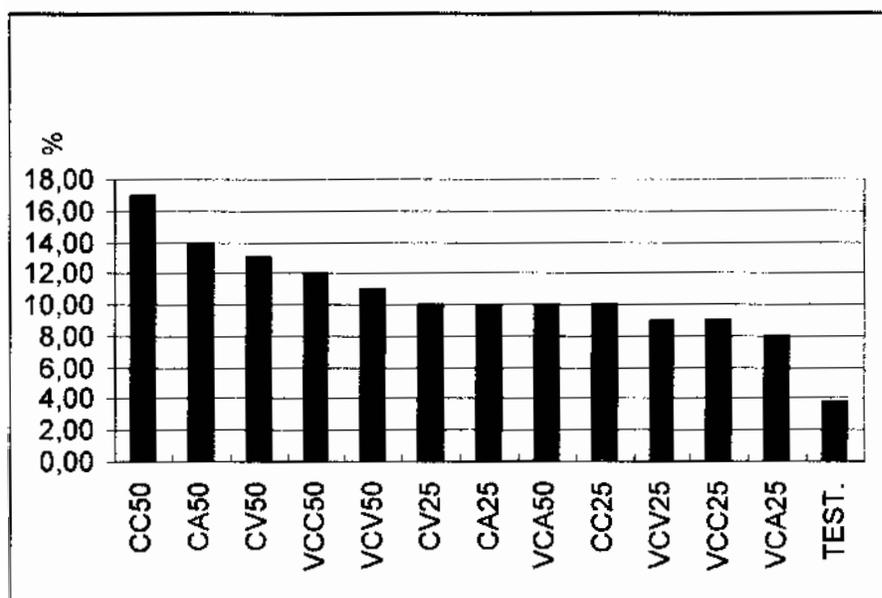
La disponibilidad de fósforo varía de acuerdo al origen del estiércol y la composición de los sustratos, siendo en general mayores los niveles en los compost respecto a los

vermicompost. Respecto al origen del estiércol, se observan diferencias entre los de ave, cerdo y vaca. Estos contenidos varían en los sustratos vermicompostados donde los niveles son menores. Contrariamente el vermicompost de cerdo mantiene niveles muy altos de fósforo disponible.

Se observan también diferencias entre los sustratos con diversas proporciones de materiales orgánicos, siendo mayor el contenido de fósforo en los sustratos que contienen 50% de abono orgánico.

En el gráfico N° 4.6, se presentan los valores de materia orgánica en porcentaje, de los trece sustratos evaluados en el ensayo.

Gráfico N° 4.6 Contenido de materia orgánica en los sustratos



Los sustratos en mezcla mostraron mayor contenido de materia orgánica respecto al testigo, resultando que en general, los que presentan mayor proporción de abono orgánico (50%), son los que tienen los valores mayores. Por tanto cuanto más abono orgánico se agregue a la mezcla, más contenido de materia orgánica tendrá el sustrato.

De acuerdo a la composición, los compost presentan mayor cantidad de materia orgánica que los vermicompost. Este orden coincide con lo observado para el porcentaje de

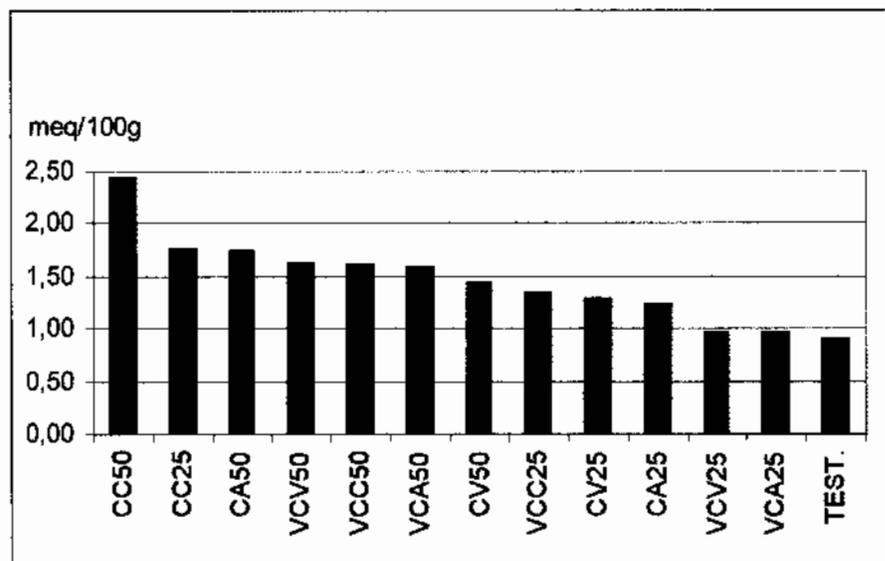
carbono orgánico y la relación carbono nitrógeno en los abonos puros (ver cuadro N° 4.2). Los compost presentan una menor estabilidad de su materia orgánica.

Según Fassbender, 1978 la importancia de la materia orgánica radica en la influencia que tiene sobre muchas de las propiedades físicas y químicas del suelo. La materia orgánica favorece la formación de agregados granulares, reduce la plasticidad y cohesión en suelos arcillosos, aumenta la capacidad de retención de agua en suelos livianos, aumenta el intercambio catiónico y aniónico, la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre a través de los procesos de mineralización, actúa como regulador del pH por su capacidad tampón, favorece la vida microbiana del suelo y participa en procesos pedogenéticos. Esto puede explicar en parte, el mayor desarrollo de los plántines en los sustratos en mezcla con abonos orgánicos, respecto al suelo testigo.

Los valores hallados de pH, de 6,1 a 6,7, no presentan diferencias de importancia entre los sustratos, y entran en el rango definido por Nuez, 1996 (de 6 a 7.5) y Domínguez, 1993 (de 5 a 7) como óptimos para el desarrollo del cultivo de morrón.

En el gráfico 4.7 se comparan los contenidos de potasio intercambiable de los sustratos orgánicos y el testigo.

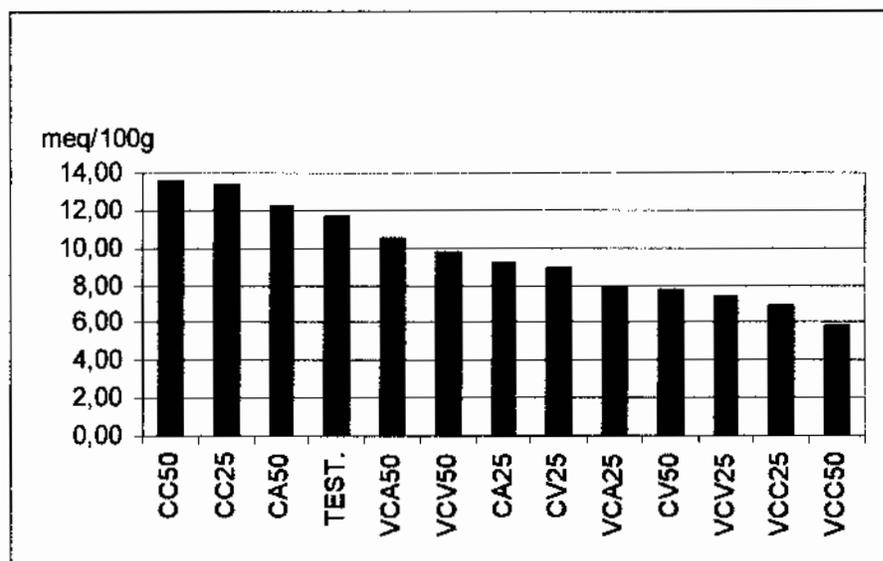
Gráfico N° 4.7 Potasio intercambiable en los sustratos



El agregado de abono orgánico mejoró el nivel de potasio encontrado en los sustratos. Se observa una tendencia a aumentar la disponibilidad de potasio en los sustratos con un 50 % respecto de los que tienen solo 25 % de abono en la mezcla. De acuerdo a la tabla elaborada por el Ing. Agr. Zamalvide (com. pers.), este nutriente se encuentra en un nivel alto en todos los sustratos, por lo que puede inferirse que no sería limitante para el desarrollo de los plantines de morrón.

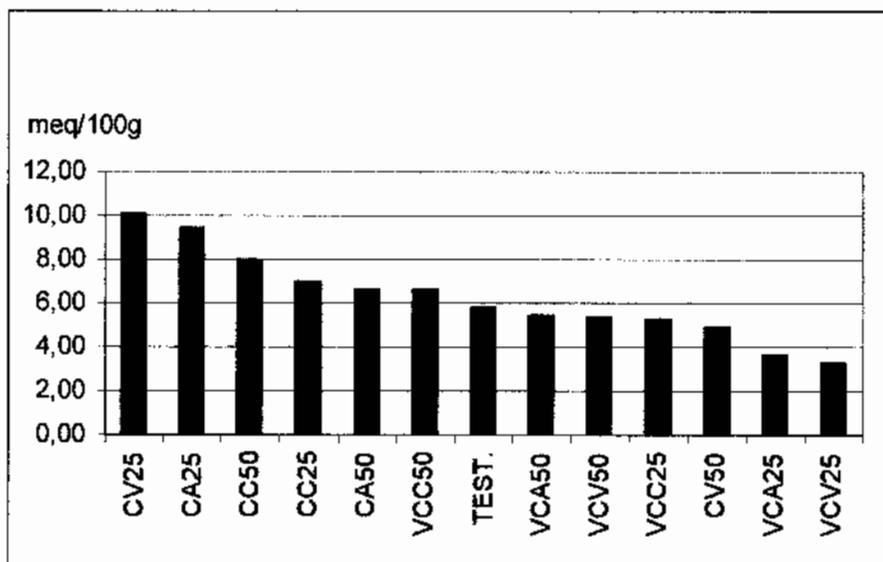
El gráfico 4.8 muestra los contenidos de calcio intercambiable, encontrados en el análisis químico efectuado a todos los sustratos orgánicos y el suelo testigo.

Gráfico N° 4.8 Calcio intercambiable en los sustratos



En el gráfico 4.9 se presentan los valores hallados de magnesio intercambiable en los sustratos orgánicos y en el suelo testigo.

Gráfico N° 4.9 Magnesio intercambiable en los sustratos

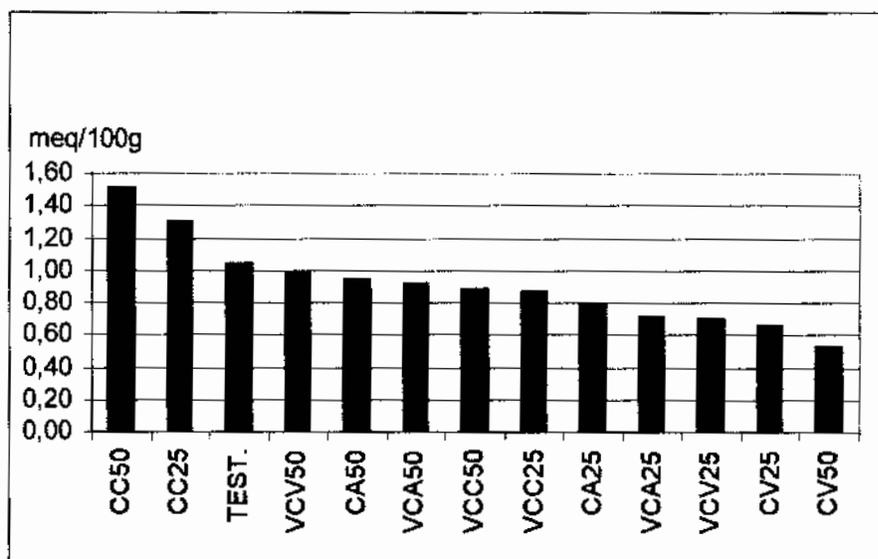


Los contenidos encontrados de calcio y magnesio intercambiable, no muestran relación con los contenidos de abono orgánico mezclados en los sustratos, tampoco con los hallados en los materiales orgánicos originales. Se encontraron valores en sustratos a 25% que poseen valores mayores que el correspondiente a 50%, esto estaría relacionado al alto contenido de dichos elementos en el suelo testigo (ver gráficos N° 4. 8 y N° 4. 9)

De acuerdo a los valores definidos por el Ing. Agr. Zamalvide (com. pers.), en las pautas para la interpretación de análisis de suelos, los valores de calcio y magnesio intercambiables, que fueron relevados en el análisis químico realizado a los sustratos entran en valores medios a altos.

A continuación en el gráfico N° 4.10 se presentan los valores de sodio intercambiable, ordenados en forma descendente, para los trece sustratos evaluados.

Gráfico N° 4.10 Sodio intercambiable en los sustratos



El agregado de abonos orgánicos provocó un descenso de los niveles de sodio intercambiable, en los sustratos respecto al testigo. Esta situación no se registró en aquellos sustratos que se realizaron en base al agregado de compost de cerdo, tanto al 25 como al 50%. Los niveles altos de sodio son perjudiciales para las plantas de morrón, por tanto los abonos orgánicos son mejoradores de las condiciones del suelo para el crecimiento de los cultivos.

Con respecto a la salinidad, en el cuadro N° 4.4 se presentan los valores de conductividad eléctrica para una dilución 1/5, para los trece sustratos evaluados, ordenados de menos a más salinos, así como su clasificación, de acuerdo al nivel de salinidad correspondiente, (ver anexo N° 1).

Cuadro N° 4.4 Valores de salinidad de los sustratos y su clasificación

Sustrato	Ce mmhos/cm (dil. 1/5)	Clasificación
Testigo	0,10	No salino
Compost de ave 25 %	0,26	No salino
Vermicompost de vaca 25 %	0,28	No salino
Vermicompost de ave 25 %	0,28	No salino
Compost de vaca 25 %	0,34	No salino
Compost de cerdo 25 %	0,36	Ligeramente salino
Vermicompost de vaca 50 %	0,42	Ligeramente salino
Compost de ave 50 %	0,44	Ligeramente salino
Vermicompost de cerdo 25 %	0,48	Ligeramente salino
Vermicompost de ave 50 %	0,48	Ligeramente salino
Vermicompost de cerdo 50 %	0,85	Salino
Compost de vaca 50 %	0,90	Salino
Compost de cerdo 50 %	0,98	Salino

Fuente: Dirección de Suelos y Aguas MGAP.

Los valores de salinidad presentan diferencias entre los sustratos. Todos los elaborados en base a un 50% de abono, sean compost o vermicompost, presentan algún nivel de salinidad. Este valor resulta ser mayor que el hallado en los sustratos con un 25% del mismo abono.

Por otra parte es posible apreciar que los elaborados en base a estiércol de cerdo también presentaron algún nivel de salinidad, independientemente de su porcentaje, o de tratarse de compost o vermicompost. Los compost y vermicompost de cerdo al 50%, junto con el compost de vaca al 50% son los tres sustratos de mayor salinidad, siendo clasificados como salinos de acuerdo a la clasificación presentada en el Anexo N° 1.

El testigo fue el sustrato que presentó un menor nivel de salinidad (0,10 mmhos/cm), clasificándose como no salino, los otros cuatro sustratos no salinos fueron, compost de ave al 25%, vermicompost de ave al 25%, vermicompost de vaca al 25% y compost de vaca al 25%, como puede verse todos elaborados con 25% de abono en la mezcla.

El incremento en el agregado de abonos orgánicos con alto contenido en sales, se ve reflejado en un aumento de la salinidad de los sustratos obtenidos. Siendo este hecho perjudicial para el crecimiento de los plantines. El estiércol de cerdo marcó los niveles más altos de salinidad.

4.2 ANÁLISIS DE AGUA

En el cuadro 4.5, se presentan los resultados obtenidos en el análisis realizado al agua, que se empleó para regar los plantines.

Cuadro N° 4.5 Análisis del agua usada para riego

Variable	Valor	Comentario
Conductividad eléctrica (mS/cm)	2,51	Alta
Potencial hidrógeno pH	7,06	Normal
Calcio (meq/l)	5,25	Puede provocar obstrucciones
Magnesio (meq/l)	3,40	Sin problemas
Potasio (meq/l)	0,13	Sin problemas
Sodio (meq/l)	16,45	Efectos dañinos
Cloro (meq/l)	13,82	Peligro de fitotoxicidad
Relación adsorción de sodio RAS	7,90	Bajo
Dureza (grados franceses)	43	Agua dura

Fuente: Dirección de Suelos y Aguas MGAP

Se puede interpretar de acuerdo a lo expresado por Carricaburu, J. 1996, com. pers. que el agua presenta ligeras a moderadas restricciones para su uso en riego por aspersión (ver Anexo 4 "Directrices para interpretar la calidad del agua para el riego por aspersión").

El agua presenta un elevado contenido de sales disueltas, altos niveles de sodio y cloro, así como una conductividad eléctrica elevada (2,51 mmhos/cm), (ver anexo 2) valor que supera el rango más frecuente encontrado por la Dirección de Suelos y Aguas en aguas subterráneas (1,0-1,25 mmhos/cm). Este valor de conductividad indica el alto contenido de sales disueltas del agua, hecho que se sospechaba antes de realizar el análisis, dado que luego de los riegos se observaba sobre las hojas y el sustrato una pátina blanca.

El pimiento es un cultivo sensible a la salinidad de acuerdo a lo expresado por Marotto, citado por Nuez, F.1996 (por encima de 1,5 mmhos /cm en la solución del suelo hay efectos no deseados) y es de esperar que con este valor de conductividad se pierda un 25 % de rendimiento. Es de destacar además que es en las fases iniciales de desarrollo que los cultivos son más sensibles, con lo que el uso de este tipo de agua en el riego podría explicar el mal comportamiento de algunos sustratos (los más salinos) con respecto a la emergencia de plantines y su posterior crecimiento.

Por otra parte se señala que el contenido de sodio del agua se encuentra en el límite superior permisible para que pueda ser usada como agua de riego. Este efecto se vería agravado en los sustratos que presentaron en su análisis altos valores de salinidad.

El nivel de cloruro fue alto (13,82) y superó la referencia internacional de 10 meq/l como máximo, valor por encima del cual se puede presentar fitotoxicidad.

De acuerdo a lo expresado por Carricaburu, J. 1996, con respecto al calcio su presencia en aguas algo salinas no reviste peligrosidad alguna para las plantas, sino que por el contrario contrarresta en parte los excesos de cloruros, sulfatos y sodio. El contenido de magnesio se encuentra dentro de los niveles normales. El potasio es un elemento que nunca es peligroso en el agua de riego; estos elementos, magnesio y potasio deben ser considerados como un complemento de la fertilización.

En cuanto al potencial hidrógeno el valor obtenido es muy cercano a la neutralidad por lo que no es de esperar problemas, por otra parte cae en el rango considerado por la FAO como normal, rango que va de 6,5 a 8,4.

El otro valor que se obtuvo del análisis fue la dureza, valor que correspondió a 43 grados franceses y por lo tanto la coloca en la clasificación de agua "dura", lo que podría ser de importancia en el caso de usar esta agua en un sistema de riego localizado por la alta probabilidad de ocurrencia de obstrucciones en los emisores.

De acuerdo a lo visto y a las características del agua que se empleó para el riego de los plantines, es posible afirmar que su uso pudo haber incidido de manera negativa en el ensayo, por lo que se sugiere que en trabajos futuros se dé importancia a la calidad del

agua, ya que a las características negativas de algunos sustratos se sumó el hecho de usar un agua clasificada como marginal.

4.3 REGISTRO DE TEMPERATURAS

De acuerdo a Serrano, Z. 1983 el rango de temperatura en el que se desarrolla el cultivo de pimiento es de 10 y 35 grados centígrados . Con base en los datos relevados de temperaturas máximas y mínimas, registradas dentro del invernáculo en el que se realizaron los plantines, es posible afirmar que éstas no afectaron el crecimiento y desarrollo de los mismos. Sin embargo en algún caso puntual se registraron temperaturas fuera del rango ya mencionado (ver Anexo 3).

4.4 ANÁLISIS DE SEMILLA Y EMERGENCIA DE LOS PLANTINES

4.4.1 Análisis de germinación de la semilla

Según la legislación nacional (Ley de semillas 15.153 y su decreto reglamentario 84/983) el mínimo de germinación normal, exigido para importar y comercializar semillas de morrón, es de un 70 % por lo que podemos decir que la semilla empleada en el ensayo es de buena calidad de acuerdo a los resultados obtenidos de su análisis (ver cuadro 4.6).

Cuadro N° 4.6 Resultados del análisis de semilla

Variable	Característica	Porcentaje
Energía	germinación a los 7 días	76
Germinación normal	germinación a los 14 días	85
Semillas frescas	sin germinar aún a los 14 días	13
Semillas anormales	a los 14 días	1
Semillas muertas	a los 14 días	1

Fuente: Dirección de Sanidad Vegetal MGAP

Los valores de emergencia, que fueron medidos en el ensayo, superan en algunos casos el valor de germinación normal obtenido en el análisis, esto es debido, a que en el momento de la siembra se pusieron 3 semillas por alvéolo lo que aumenta las

probabilidades de mayor emergencia, realizándose posteriormente un raleo con la finalidad de dejar solo una planta.

4.4.2 Emergencia de los plantines

En los puntos siguientes se presentan los valores de emergencia, obtenidos del análisis estadístico de los datos relevados en el ensayo, en aquellas relaciones, donde se encontró diferencia significativa. Los valores corresponden a las cuatro mediciones que se realizaron, para los trece tratamientos evaluados.

4.4.2.1. Emergencia a los 21 días de la siembra

En el cuadro N° 4.7 se comparan las medias del número de plantas emergidas según la condición, es decir el testigo contra los demás sustratos (tratado), para esta fecha.

Cuadro N° 4.7 Emergencia según condición

Sustrato	Media del N° de plantas	Significancia estad. *
Testigo	64,66	a
Tratado	38,26	b

* Medias con igual letras no difieren estadísticamente ($P > 0,10$)

Se puede afirmar que estadísticamente existen diferencias entre medias, siendo el testigo el que presentó la mayor emergencia, que correspondió a 64,66 plantas emergidas en la bandeja contra 38,26 del conjunto de sustratos evaluados.

En el cuadro N° 4.8 se presentan los valores de emergencia según la composición de los sustratos en tres grupos, testigo, compost y vermicompost.

Cuadro N° 4.8 Emergencia según composición

Sustrato	Media del N° de plantas	Significancia estad. *
Testigo	64,66	a
Vermicompost	40,53	b
Compost	36,25	c

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P > 0,10$)

El testigo es el sustrato que presenta mejor emergencia, con 64,66 plantas emergidas en promedio, seguido de los sustratos elaborados en base a vermicompost, mientras que los sustratos elaborados en base a compost son los que presentan peor comportamiento.

En el cuadro N° 4.9 se presentan los valores de emergencia de los sustratos según su origen y porcentaje, en siete grupos: testigo, ave, cerdo y vaca al 25 ó 50 por ciento respectivamente.

Cuadro N° 4.9 Emergencia según origen y porcentaje

Sustrato	Media del N° de plantas	Significancia estad. *
Testigo	64,66	a
Ave al 50 %	53,62	b
Vaca al 25 %	40,41	c
Ave al 25 %	39,58	c
Vaca al 50 %	39,25	c
Cerdo al 25 %	33,33	cd
Cerdo al 50 %	28,50	d

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P > 0,10$)

Se puede afirmar que el testigo es el que presenta mejor emergencia, seguido por los sustratos elaborados en base a estiércol de ave al 50%, siendo los de peor comportamiento aquellos sustratos elaborados en base a estiércol de cerdo en especial aquellos al 50 %.

En la primer fecha en que se analizó la variable número de plantas emergidas, se hallaron diferencias estadísticas significativas a favor del testigo, seguido por los sustratos elaborados en base a estiércol de ave al 50 %, los elaborados en base a cerdo fueron los de peor performance. En cuanto a la composición el ranking fue testigo , vermicompost y por último los compost, siendo significativas las diferencias entre los tres.

4.4.2.2 Emergencia a los 23 días de la siembra

En el cuadro N° 4.10 se presentan los valores medios de emergencia para los sustratos evaluados en el ensayo según la condición.

Cuadro N° 4.10 Emergencia según condición

Sustrato	Media del N° de plantas	Significancia estad. *
Testigo	86,33	a
Tratado	63,92	b

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P>0,10$)

Del análisis de este cuadro surge que existe una diferencia importante en el valor de emergencia, siendo el testigo superior a los sustratos tratados.

En el cuadro N° 4.11, se observan los valores del parámetro emergencia con respecto al origen y porcentaje de los sustratos presentados en siete grupos, testigo, ave cerdo y vaca al 25 y 50 porciento respectivamente.

Cuadro N° 4.11 Emergencia según origen y porcentaje

Sustrato	Media del N° de plantas	Significancia estad. *
Testigo	86,33	a
Ave al 50 %	78,00	b
Ave al 25 %	70,75	b
Vaca al 25 %	67,41	bc
Vaca al 50 %	61,33	c
Cerdo al 25 %	59,25	cd
Cerdo al 50 %	51,50	d

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P>0,10$)

Del análisis de este cuadro se puede afirmar que el sustrato de mejor emergencia fue el testigo con 86,33 plantas seguido por los sustratos elaborados en base al 50% de abono de ave. Los de peor comportamiento fueron los elaborados en base a estiércol de cerdo.

En resumen, en esta fecha se observa la misma tendencia que en la anterior, siendo el testigo con 86,33 plantas emergidas, netamente superior al resto de los sustratos evaluados, destacándose como los de peor comportamiento los sustratos que presentaron en su mezcla abono de cerdo. Por otra parte no hubo diferencias estadísticas significativas, en lo que respecta a la composición de los sustratos, es decir compost y vermicompost se comportan igual.

4.4.2.3 Emergencia a los 25 días de la siembra

En el cuadro N° 4.12, se presentan los valores promedio del porcentaje de emergencia, del testigo y de los sustratos tratados.

Cuadro N° 4.12 Emergencia según condición

Sustrato	Media del N° de plantas	Significancia estad. *
Testigo	90,66	a
Tratado	70,36	b

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P > 0,10$).

El testigo presenta un valor de emergencia estadísticamente superior al resto de los sustratos, manteniendo la tendencia que se registra desde el comienzo del ensayo.

En el siguiente cuadro se presentan los valores de emergencia para los sustratos de acuerdo a su origen y porcentaje .

Cuadro N° 4.13 Emergencia según origen y porcentaje

Sustrato	Media del N° de plantas	Significancia estad. *
Testigo	90,66	a
Ave al 50 %	82,37	b
Ave al 25 %	77,33	b
Vaca al 25 %	73,75	bc
Vaca al 50 %	66,91	c
Cerdo al 25 %	66,91	cd
Cerdo al 50 %	58,91	d

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P > 0,10$).

De acuerdo a lo observado la tendencia se mantiene y es el testigo el que presenta mejor emergencia en esta fecha, siendo los sustratos con peor comportamiento los elaborados en base al agregado de abonos de cerdo .

En esta fecha se mantiene la misma tendencia que en las anteriores, destacándose el testigo como el sustrato con mayor número de plantas emergidas, seguido de los sustratos elaborados en base a estiércol de ave al 50%, y en último lugar los sustratos con abono de cerdo. No se registraron diferencias en cuanto a la composición de los sustratos, compost y vermicompost se comportaron igual.

4.4.2.4 Emergencia a los 42 días de la siembra

En el cuadro 4.14 se presentan los resultados de emergencia de los plantines a los 42 días de la siembra.

Cuadro N° 4.14 Emergencia según condición

Sustrato	Media del N° de plantas	Significancia estad. *
Testigo	96,66	a
Tratado	81,61	b

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P > 0,10$).

En el cuadro N° 4.14 se evidencia que el testigo continúa con mejor emergencia respecto a los demás sustratos, 96,66 plantas emergidas frente a solo 81,61 del resto.

En el cuadro 4.15 se comparan las medias de los sustratos de acuerdo a su composición: compost o vermicompost y su origen : ave, vaca o cerdo y el testigo.

Cuadro N° 4.15 Emergencia según composición y origen

Sustrato	Media del N° de plantas	Significancia estad. *
Testigo	96,66	a
Compost de ave	89,50	b
Vermicompost de ave	88,87	b
Compost de vaca	85,33	b
Vermicompost de cerdo	78,33	c
Vermicompost de vaca	77,16	c
Compost de cerdo	72,91	c

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P>0,10$)

El testigo presenta el mejor comportamiento, con 96,66 plantas emergidas, por debajo de ese valor se encuentran los sustratos elaborados en base a estiércol de ave, compost y vermicompost. Por otra parte los sustratos elaborados en base a estiércol de cerdo presentan la más baja emergencia, sin tener diferencias significativas entre compost y vermicompost.

En el siguiente cuadro se presentan los valores obtenidos de emergencia según origen, ave, cerdo o vaca y su porcentaje.

Cuadro N° 4.16 Emergencia según origen y porcentaje

Sustrato	Media del N° de plantas	Significancia estad. *
Testigo	96,66	a
Ave al 50 %	92,12	ab
Ave al 25 %	87,33	bc
Vaca al 25 %	84,33	cd
Cerdo al 25 %	79,08	de
Vaca al 50 %	78,16	e
Cerdo al 50 %	72,16	e

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P>0,10$).

En la emergencia a los 42 días se observa que el testigo presenta la mejor emergencia, con 96,66 plantas emergidas, pero estadísticamente es igualado por los sustratos elaborados en base a estiércol de ave al 50 %, con 92,12 plantas. Por otra parte

los sustratos de peor comportamiento son los elaborados en base a estiércol de cerdo al 25 y 50% y los elaborados en base a estiércol de vaca al 50 %.

Considerando la emergencia en todas las fechas evaluadas, se destacó el sustrato testigo como el que presentó mejor comportamiento, y los sustratos elaborados con estiércol de cerdo como los que mostraron la emergencia más baja. Ya avanzado el crecimiento de los plantines, los sustratos elaborados con estiércol de ave al 50% mejoraron su comportamiento, alcanzando valores de emergencia próximos al testigo.

Los sustratos elaborados con estiércol de cerdo, en especial aquellos con 50% fueron los que presentaron valores más bajos de emergencia, 72,16 plantas por bandeja.

Según Chamarro, J. 1995, la germinación está afectada por diversos factores: profundidad de siembra, temperatura del suelo, iluminación, tratamientos hormonales, nutrición de la planta madre y reserva de la semilla. En el presente ensayo estos factores se mantuvieron homogéneos en todos los tratamientos evaluados, por tanto ellos no contribuyen a explicar las diferencias encontradas.

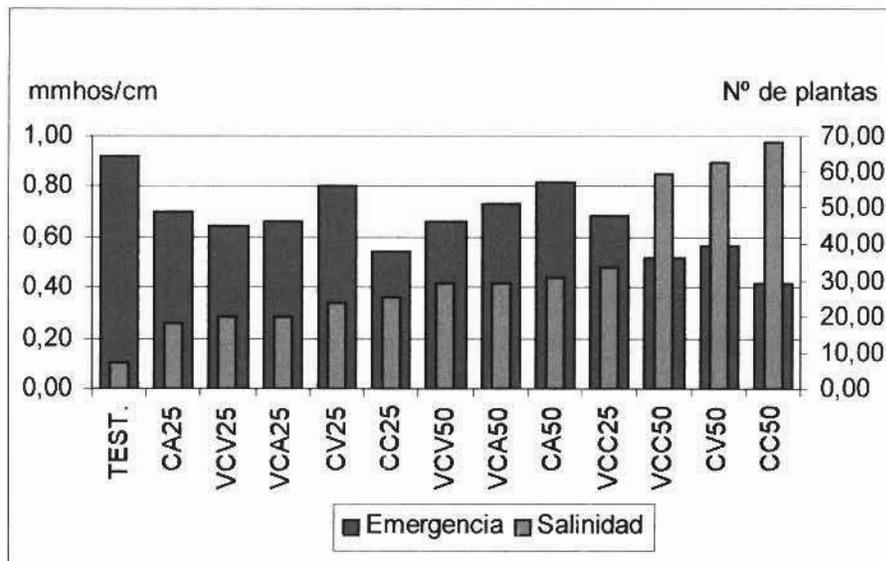
Por otra parte Dominguez, A. 1993 cita como factores limitantes para el desarrollo vegetal, la textura, acidez y salinidad entre otros. En este ensayo no se encontraron diferencias en textura y acidez, por lo que tampoco pueden explicar las diferencias obtenidas.

La salinidad de los sustratos podría explicar las diferencias en germinación, ya que aquellos más salinos presentan una peor emergencia. Los sustratos con conductividad eléctrica más alta presentaron menor tasa de germinación. El alto contenido en sales de los suelos o sustratos, tiene un efecto negativo en el crecimiento de las raíces y en el hipocotilo (Nuez, F.1996). Este hecho pudo verse agravado por el agua de riego usada durante el ensayo que presentó, según el análisis químico, un alto contenido de sales, siendo un agua de mala calidad y de uso marginal para riego, según la clasificación de referencia.

Se encontró un valor de correlación estadísticamente significativo de - 0,58 entre salinidad de los sustratos y emergencia de los plantines a los 21 días. Esto indica que existe una relación inversa entre ambas variables, es decir que a mayor salinidad existe una menor emergencia.

El gráfico N° 4.11 presenta los valores de salinidad y emergencia a los 21 días de efectuada la siembra, para los trece sustratos evaluados en el ensayo.

Gráfico N° 4.11 Salinidad de los sustratos y emergencia a los 21 días



Existe una tendencia a disminuir el número de plantas emergidas cuando aumenta la salinidad de los sustratos.

4.5 CRECIMIENTO DE LOS PLANTINES

El crecimiento de los plantines se evaluó mediante la medición periódica y con el análisis estadístico, de algunos parámetros de crecimiento: hoja verdadera, altura y diámetro del tallo. También se midieron número de hojas al trasplante, peso seco y fresco de raíz y parte aérea, sin realizar análisis estadístico.

4.5.1 Emisión de la primer hoja verdadera

4.5.1.1 Hoja verdadera a los 33 días de la siembra

En el cuadro 4.17 se presentan las medias del número de plantas por bandeja, con por lo menos una hoja verdadera desarrollada, en los sustratos según su condición, suelo testigo, (no tratado), y los demás sustratos mezcla con abonos orgánicos, (tratado).

Cuadro N° 4.17 Hoja verdadera según condición

Sustrato	Media del N° de plantas	Significancia estad. *
Testigo	64,33	a
Tratado	44,94	b

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente (P>0,10)

Del análisis de este cuadro es posible afirmar con significancia estadística, que el testigo presenta mayor número de plantas con primer hoja verdadera desarrollada, siendo su valor muy superior al de los demás sustratos evaluados.

En el cuadro N° 4.18 se muestran las medias del número de plantas con hoja verdadera de acuerdo a la composición, (testigo, compost y vermicompost) y origen, (ave, cerdo ó vaca) de los sustratos empleados en el ensayo.

Cuadro N° 4.18 Hoja verdadera según composición y origen

Sustrato	Media del N° de plantas	Significancia estad. *
Testigo	64,33	a
Compost de ave	53,16	b
Compost de vaca	47,83	bc
Vermicompost de ave	46,97	bc
Vermicompost de vaca	45,83	bc
Vermicompost de cerdo	42,25	cd
Compost de cerdo	33,58	d

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente (P>0,10)

Estadísticamente es posible afirmar que el testigo es el sustrato con mayor número de plantines con al menos una hoja verdadera desarrollada en la primer fecha de medición, siendo los sustratos elaborados en base a estiércol de cerdo los de menor desarrollo.

En cuanto a la composición de los sustratos, no se registraron diferencias estadísticas significativas, entre compost y vermicompost.

En el cuadro 4.19 se presentan las medias del número de plantas con hoja verdadera de acuerdo al origen del estiércol y porcentaje de los sustratos.

Cuadro N° 4.19 Hoja verdadera según origen y porcentaje

Sustrato	Medía del N° de plantas	Significancia estad. *
Testigo	64,33	a
Ave al 50 %	52,39	ab
Vaca al 25 %	50,58	b
Ave al 25 %	47,75	b
Vaca al 50 %	43,08	b
Cerdo al 25 %	43,08	b
Cerdo al 50 %	32,75	c

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P>0,10$)

El testigo presenta el mayor valor medio de plantas con la primer hoja verdadera, pero no tiene diferencias estadísticamente significativas con los sustratos elaborados con un 50% de abono de ave. Los sustratos que tienen abono de cerdo en su composición son los de peor comportamiento, siendo los que tienen un 50% en la mezcla, los que tienen menor número de hojas verdaderas.

En esta primer fecha de medición del parámetro hoja verdadera, se puede afirmar con significancia estadística que el testigo presenta un mejor desarrollo con respecto a los demás sustratos, a excepción de los elaborados con 50% de abono de ave y que los sustratos peores son los elaborados en base a estiércol de cerdo, en especial aquellos que se emplearon a un 50 %, siendo notorio además el peor comportamiento de los compost con respecto a los vermicompost de cerdo.

Este comportamiento es similar al parámetro emergencia, el desarrollo de los plantines sigue la misma tendencia que la emergencia, siendo los plantines de los sustratos con mejor emergencia los que presentan mayor número de plantas con al menos una hoja verdadera desarrollada.

4.5.1.2 Hoja verdadera a los 39 días de la siembra

En el cuadro 4.20 se presentan las medias del número de plantas con hoja verdadera desarrollada según su condición, sustrato testigo o en mezcla con abono orgánico.

Cuadro N° 4.20 Hoja verdadera según condición

Sustrato	Media del N° de plantas	Significancia estad. *
Testigo	76,50	a
Tratado	65,82	b

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P>0,10$)

Es posible afirmar que el testigo presenta mayor número de plantas con hoja verdadera desarrollada, siendo su valor superior al de los demás tratamientos.

En el cuadro 4.21 se presentan las medias de las plantas con al menos una hoja verdadera desarrollada, para los sustratos según su composición, origen y condición.

Cuadro N° 4.21 Hoja verdadera según composición origen y condición

Sustrato	Media del N° de plantas	Significancia estad. *
Testigo	76,50	a
Compost de ave	76,16	a
Vermicompost de ave	71,26	ab
Compost de vaca	68,91	ab
Vermicompost de vaca	63,41	b
Vermicompost de cerdo	62,33	b
Compost de cerdo	52,83	c

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P>0,10$)

El testigo presenta el mayor número de hojas verdaderas desarrolladas, pero no presenta diferencias estadísticamente significativas con respecto a: compost de ave, vermicompost de ave y compost de vaca. Por otra parte los sustratos con menor número de plantas con hoja desarrollada fueron los elaborados con compost de cerdo. Este comportamiento coincide con lo evaluado en el parámetro emergencia.

En el cuadro N° 4.22 se presentan los valores de las medias para el parámetro hoja verdadera, de acuerdo al origen y porcentaje de los sustratos.

Cuadro N° 4.22 Hoja verdadera según origen y porcentaje

Sustrato	Media del N° de plantas	Significancia estad. *
Ave al 50 %	80,43	a
Testigo	76,50	ab
Vaca al 25 %	67,66	bc
Ave al 25 %	67,00	bc
Vaca al 50 %	64,66	c
Cerdo al 25 %	61,41	cd
Cerdo al 50 %	53,75	d

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P>0,10$)

El testigo dejó de ser el de mejor comportamiento, siendo los sustratos elaborados en base a estiércol de ave los que presentaron el mayor número de hojas verdaderas desarrolladas, pero es de destacar que las diferencias entre ambos no tienen significancia estadística. Por otra parte los sustratos elaborados en base a estiércol de cerdo siguen siendo los de peor comportamiento.

Como conclusión podemos decir que en esta fecha, es la primera vez que el testigo es superado por otro sustrato, aunque la diferencia es en números absolutos muy pequeña y no es estadísticamente significativa. Los sustratos elaborados en base a estiércol de cerdo son los de peor comportamiento.

4.5.1.3 Hoja verdadera a los 42 días de la siembra

En el siguiente cuadro se presentan los valores medios del número de plantas con al menos una hoja verdadera desarrollada según su condición.

Cuadro N° 4.23 Hoja verdadera según condición

Sustrato	Media del N° de plantas	Significancia estad. *
Testigo	95,66	a
Tratado	79,57	b

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P>0,10$)

El sustrato testigo es el de mayor número de plantas con al menos una hoja verdadera desarrollada, siendo esa diferencia estadísticamente significativa.

En el cuadro N° 4.24, se presentan los valores de las medias del número de plantas con al menos una hoja verdadera desarrollada, según composición, origen y condición de los sustratos.

Cuadro N° 4.24 Hoja verdadera según composición origen y condición

Sustrato	Media del N° de plantas	Significancia estad. *
Testigo	95,66	a
Compost de ave	86,83	b
Vermicompost de ave	86,47	b
Compost de vaca	82,58	b
Vermicompost de vaca	75,50	c
Vermicompost de cerdo	75,41	c
Compost de cerdo	70,66	c

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente (P>0,10)

El testigo presenta el mejor comportamiento, siendo esta diferencia estadísticamente significativa. En segundo lugar se encuentran los compost y vermicompost de ave, y el compost de vaca. Finalmente los de peor performance son vermicompost de vaca, vermicompost y compost de cerdo.

Cuadro N° 4.25 Hoja verdadera según origen y porcentaje

Sustrato	Media del N° de plantas	Significancia estad. *
Testigo	95,66	a
Ave al 50 %	88,22	ab
Ave al 25 %	85,08	b
Vaca al 25 %	82,75	bc
Cerdo al 25 %	76,91	cd
Vaca al 50 %	75,33	de
Cerdo al 50 %	69,16	e

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente (P>0,10)

En esta fecha el testigo es el que presenta mejor comportamiento aunque estadísticamente los sustratos elaborados en base a ave al 50 % no tienen diferencias con él, es de destacar que el testigo revirtió la situación de la fecha anterior para este mismo análisis. Los que se comportan de peor forma siguen siendo los de cerdo en especial aquellos al 50 %.

Como conclusión podemos decir que para el parámetro estudiado, número de plantas con al menos una hoja verdadera desarrollada, el comportamiento de los sustratos fue similar al del parámetro emergencia. El testigo se desempeñó en mejor forma, aunque no presentó diferencias estadísticas con los sustratos elaborados en base a un 50% de estiércol de ave.

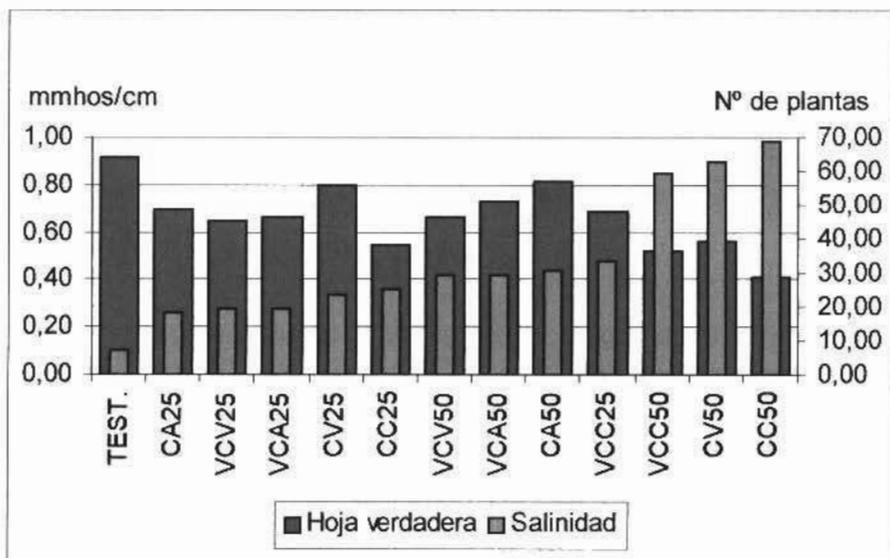
Este comportamiento es lógico, ya que al ser el testigo el sustrato que registró una emergencia mayor y más precoz, su crecimiento también lo fue. Del mismo modo el comportamiento de los otros sustratos con respecto a este parámetro siguió la misma tendencia que para la emergencia.

Este comportamiento puede ser explicado en parte, por las diferencias con respecto a la salinidad entre los sustratos, siendo aquellos sustratos más salinos los de peor comportamiento.

Se determinó el coeficiente de correlación entre salinidad y número de plantas con al menos una hoja verdadera desarrollada sin tener en cuenta los diferentes sustratos, en la primer fecha, es decir a los 33 días de la siembra. Se halló un valor estadísticamente significativo de - 0,76, dicho valor indica una relación inversa entre ambas variables, o sea que con niveles de salinidad altos es de esperar un número menor de plantas con primer hoja verdadera desarrollada.

En el gráfico N° 4.12 se presentan los valores de salinidad y número de plantas con al menos una hoja verdadera desarrollada a los 33 días de la siembra.

Gráfico N° 4.12 Salinidad de los sustratos y hoja verdadera a los 33 días



El análisis del gráfico indica una tendencia a encontrar un menor número de plantas con primer hoja verdadera desarrollada, en aquellos sustratos con un nivel mayor de salinidad. Por tanto el aumento en los tenores salinos tiene un efecto negativo en el crecimiento de los plantines de morrón.

4.5.2 Altura del plantín

Los resultados del análisis estadístico realizado para el parámetro altura del plantín, dan una referencia del estado de crecimiento del mismo en los diferentes sustratos evaluados.

4.5.2.1 Altura del plantín a los 47 días de la siembra

En el siguiente cuadro se presentan los valores medios de altura de plantín, expresados en mm, en los sustratos de acuerdo a su condición, es decir tratado o no tratado.

Cuadro N° 4.26 Altura del plantín según condición

Sustrato	Altura media en mm	Significancia estad. *
Tratado	44,71	a
Testigo	39,83	b

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P > 0,10$)

El testigo presenta una menor altura con respecto al resto de los sustratos evaluados, siendo esta diferencia estadísticamente significativa. El abono orgánico mejoró la altura de los plantines.

En el cuadro N° 4.27 se presentan las diferencias de altura del plantín según la composición y la condición de los sustratos. Se contrastan el testigo, los compost y los vermicompost.

Cuadro N° 4.27 Altura del plantín según composición y condición

Sustrato	Altura media en mm	Significancia estad. *
Vermicompost	45,75	a
Compost	43,67	ab
Testigo	39,83	b

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P>0,10$)

De acuerdo al análisis estadístico el testigo presenta menor altura que los vermicompost pero no que los compost. A su vez si se compara compost y vermicompost las diferencias no son significativas.

En el siguiente cuadro se presentan los valores medios de altura del plantín para los diferentes sustratos evaluados, respecto de su origen, porcentaje y condición.

Cuadro N° 4.28 Altura del plantín según origen, porcentaje y condición

Sustrato	Altura media en mm	Significancia estad. *
Ave al 50 %	50,54	a
Vaca al 25 %	44,90	b
Vaca al 50 %	43,88	bc
Cerdo al 50 %	43,70	bc
Ave al 25 %	42,76	bc
Cerdo al 25 %	42,48	bc
Testigo	39,83	c

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P>0,10$)

Los sustratos elaborados en base a abono de ave al 50% son los de mejor comportamiento, con una altura de plantín de 50,54 mm.

En esta fecha se concluye que el testigo es el sustrato de peor comportamiento para el parámetro altura de plantín, siendo superiores los sustratos tratados. El hecho de usar algún abono orgánico mejora el comportamiento. Por otra parte los sustratos elaborados en base a estiércol de ave al 50% son los de mejor performance.

4.5.2.2 Altura del plantín a los 54 días de la siembra

En el siguiente cuadro se presentan los valores medios de altura para los sustratos evaluados según su condición, es decir tratado versus no tratado.

Cuadro N° 4.29 Altura del plantín según condición

Sustrato	Altura media en mm	Significancia estad. *
Tratado	53,83	a
Testigo	42,95	b

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P>0,10$)

Existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, siendo el testigo el de peor comportamiento. El agregado de abonos orgánicos mejoró el parámetro altura.

A continuación se presentan los valores de altura para los diferentes sustratos evaluados, según porcentaje y condición.

Cuadro N° 4.30 Altura del plantín según porcentaje y condición

Sustrato	Altura media en mm	Significancia estad. *
Sustratos al 50 %	55,60	a
Sustratos al 25 %	52,06	b
Testigo	42,95	c

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P>0,10$)

De acuerdo al análisis estadístico los plantines en sustratos con 50% de abono crecieron más que los que tuvieron 25% en la mezcla y estos a su vez mejor que el testigo.

Como conclusión para esta fecha, se puede destacar el mal comportamiento del testigo frente al resto de los sustratos. El agregado de abono favorece el crecimiento de los

plantines, por otra parte los sustratos con mayor porcentaje fueron los de mejor comportamiento.

4.5.2.3 Altura del plantín a los 61 días de la siembra

A continuación se presentan los valores de altura de los plantines en el momento en que se determina que están prontos para ser llevados al campo, con respecto a su condición, es decir si se realizaron con algún sustrato tratado o con el suelo testigo.

Cuadro N° 4.31 Altura del plantín según condición

Sustrato	Altura media en mm	Significancia estad. *
Tratado	72,24	a
Testigo	47,56	b

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P > 0,10$)

El testigo presenta un desarrollo en altura muy inferior al resto de los sustratos, habiendo diferencias estadísticas significativas, lo que se podría explicar por la menor fertilidad del suelo y en especial su deficiencia en fósforo cuyo valor fue de 7 partes por millón.

Por otra parte es importante destacar que, con respecto al parámetro altura del plantín, el comportamiento de las plantas en los diferentes sustratos a lo largo del ensayo fue variable, en un primer momento se registraron diferencias entre los sustratos siendo los elaborados en base a estiércol de ave al 50% los de mejor comportamiento, pero luego esa diferencia desapareció. El comportamiento de los sustratos al final fue similar, destacándose como excepción el testigo, que presentó un valor significativamente menor.

El testigo presentó un nivel de fósforo limitante para su desarrollo, no sucediendo en el resto de los sustratos, esto determinó que el crecimiento de los plantines en el testigo se viera detenido y a pesar de haber iniciado con mejor emergencia y desarrollo de la primer hoja verdadera luego fue superado por el resto de los sustratos.

La ausencia de diferencias, entre los demás sustratos, se explica por la mejora en sus características químicas, que tuvieron al tener en sus mezclas materiales orgánicos.

4.5.3 Diámetro del plantín

Otro de los parámetros evaluados, que intenta reflejar el desarrollo de los plantines en los diferentes sustratos es el diámetro del tallo. Se realizaron dos mediciones del diámetro del plantín. Se presentan los valores de las medias en las relaciones en que se encontró diferencia estadística significativa.

4.5.3.1 Diámetro del plantín a los 54 días de la siembra

En el cuadro N° 4.32 se presentan los valores de las medias del parámetro analizado diámetro del plantín para los sustratos evaluados respecto su condición, es decir tratado y no tratado.

Cuadro N° 4.32 Diámetro del plantín según condición

Sustrato	Diámetro medio en mm	Significancia estad. *
Tratado	1,98	a
Testigo	1,73	b

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P>0,10$)

Se puede apreciar que existen diferencias estadísticas significativas entre testigo y tratado, siendo los plantines obtenidos en los sustratos tratados, independientemente de que sustrato se trate, de mayor diámetro que los del testigo.

4.5.3.2 Diámetro del plantín a los 61 días de la siembra

Cuadro N° 4.33 Diámetro del plantín según condición

Sustrato	Diámetro medio en mm	Significancia estad. *
Tratado	2,42	a
Testigo	2,02	b

* Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P>0,10$)

En esta fecha se aprecia un comportamiento similar a la fecha anterior, siendo los plantines obtenidos en los sustratos tratados de mayor diámetro (2,42 mm), y los obtenidos en el testigo los de menor diámetro (2,02 mm). Esta diferencia puede ser explicada en parte

por la mayor disponibilidad de nutrientes, en especial de fósforo que presentaron todos los sustratos a excepción del testigo.

Por otra parte las bandejas testigo son las que tienen mayor número de plantas, lo que podría redundar en mayor competencia por espacio y luz, con el consiguiente etiolamiento de las mismas y la disminución del diámetro.

Respecto al parámetro estudiado, se puede afirmar que la diferencia es estadísticamente significativa solo entre el testigo y el resto de los sustratos en las dos fechas en que se analizó la variable. Es decir, que el solo hecho de mezclar con el suelo algún tipo de material orgánico, independientemente de su origen o porcentaje mejoró significativamente el diámetro de los plantines.

4.5.4 Número total de hojas verdaderas al trasplante

En el cuadro N° 4.34, se presenta el número de hojas verdaderas promedio, de los trece tratamientos que fueron evaluados en el ensayo, ordenados de mayor a menor.

Cuadro N° 4.34 Número promedio de hojas verdaderas al trasplante

Sustrato	Número promedio de hojas
VCC25	5,70
VCA25	5,60
VCV50	5,45
VCC50	5,45
CA50	5,45
VCA50	5,35
CV25	5,35
VCV25	5,30
CC50	5,30
CV25	5,25
CC25	5,25
CA25	5,10
TEST.	4,35

El sustrato con mejor comportamiento es el elaborado en base a vermicompost de cerdo al 25 % y el que presentó peor comportamiento fue el testigo, con un número de hojas menor, esta diferencia podría estar explicada al igual que todas las relacionadas con el desarrollo de los plantines, a la baja disponibilidad de fósforo del testigo, lo que lleva a un escaso crecimiento, con formación de un menor número de hojas verdaderas en el mismo tiempo.

4.5.5 Peso fresco y seco de raíz y parte aérea al trasplante

Al momento de determinar que las plantas estaban prontas para el trasplante, se realizó la medición del peso fresco y seco de raíz y parte aérea, cuyos valores promedio por planta son presentados en el cuadro N° 4.35 para los trece tratamientos que fueron evaluados en el ensayo.

Cuadro N° 4.35 Peso fresco y seco promedio por planta, de raíz y parte aérea

	Peso fresco raíz	Peso fresco parte aérea	Peso seco raíz	Peso seco parte aérea
TESTIGO	0,50	0,60	0,035	0,060
CV25	0,95	1,15	0,075	0,115
CC25	0,95	1,30	0,075	0,125
CA25	0,95	1,25	0,070	0,110
VCV25	0,90	1,30	0,060	0,120
VCC25	1,20	1,65	0,090	0,160
VCA25	1,10	1,45	0,085	0,135
CV50	1,00	1,20	0,070	0,110
CC50	0,90	1,20	0,065	0,115
CA50	1,05	1,25	0,070	0,125
VCV50	0,95	1,15	0,080	0,110
VCC50	1,00	1,35	0,075	0,135
VCA50	1,00	1,40	0,080	0,140

* Los valores están expresados en gramos.

El sustrato de mejor comportamiento fue el vermicompost de cerdo al 25 %, con un valor superior de peso de parte aérea y raíz, tanto fresco como seco. Por otra parte el de

peor performance fue el testigo con pesos de planta menores, coincidiendo este parámetro con el de número de hojas verdaderas al momento del trasplante. Este resultado puede estar explicado por el bajo contenido de fósforo del testigo.

En cuanto al mejor comportamiento del vermicompost de cerdo, la única explicación que puede darse, es que las almacigueras que tenían este sustrato presentaron un número menor de plantas, como consecuencia de la menor emergencia que registraron (C25 79,08 plantas). Al haber menos plantas en una misma superficie éstas compitieron menos por luz y por espacio lo que se tradujo en un mayor crecimiento.

Si bien hubo otros sustratos con pocas plantas, como los elaborados con estiércol de vaca al 50% y cerdo al 50%, estos registraron valores muy superiores de salinidad respecto al vermicompost de cerdo al 25%. Este hecho explica el menor crecimiento de los plantines.

Como conclusión final es posible afirmar que el crecimiento de los plantines no es causa de un solo factor, sino de un conjunto de ellos, así como de su interacción, y es justamente esto lo que determina el resultado cuando se emprende una actividad difícil, como lo es la producción de plantines.

4.5.6 Estado sanitario de los plantines

Durante el tiempo en que se realizó el ensayo no se aplicó ningún tipo de tratamiento fitosanitario, a pesar de lo cual, no fueron constatados problemas de plagas o enfermedades, en el período de crecimiento. Por consiguiente, no se encontraron diferencias relacionadas al tipo de sustrato empleado.

5. CONCLUSIONES

SUSTRATOS

* El mal comportamiento del testigo en el crecimiento de los plantines puede ser explicado por el bajo nivel de fósforo disponible registrado. El agregado de abono orgánico, permitió mejorar los niveles disponibles en los sustratos mezcla, por el aporte propio de los compost y vermicompost, y posiblemente a través de un mayor aporte de fósforo soluble de las fracciones mineral y orgánica del suelo por una mayor acción microbiana.

* El agregado de 25 % de abono orgánico, tuvo una mejor respuesta en el crecimiento de los plantines, respecto al agregado de 50 % de abono en la elaboración de los sustratos. Esto podría estar explicado fundamentalmente por los altos niveles de salinidad encontrados en estos últimos.

* En general los vermicompost presentaron un mejor comportamiento que los compost, esto puede ser explicado por los menores contenidos de sal de los primeros y por tratarse de materiales mas estabilizados.

* La evaluación del agregado de abonos orgánicos, sobre las propiedades físicas de los sustratos no demostró diferencias entre el suelo y los demás sustratos, esto es probablemente, debido a las limitantes del método utilizado en la medición de los parámetros y al buen contenido de materia orgánica (3,8%), que presentó el suelo testigo.

AGUA DE RIEGO

* El agua de riego utilizada en el ensayo, incrementó los problemas de salinidad de los sustratos, ya que se trata de un agua de muy mala calidad con valores altos de conductividad eléctrica y de Sodio, siendo catalogado su uso para riego como marginal.

RESPUESTA VEGETAL

* Con respecto a la emergencia, parámetro que determina el "stand" final de plantas, no se encontró un efecto positivo en el agregado de abonos orgánicos, siendo el testigo (suelo) el

que presentó mejor comportamiento. Esto puede ser explicado por el nivel de salinidad mayor, que presentaron todos los sustratos, respecto al testigo. Se constató la gran importancia de la salinidad respecto a la emergencia y crecimiento de los plantines. Los sustratos de mayor salinidad presentaron menor emergencia, y también ocasionaron un menor crecimiento posterior.

* Altura y diámetro presentaron un mejor comportamiento en los sustratos mezcla debido a la mejora de sus condiciones químicas, fundamentalmente la mayor disponibilidad de fósforo.

* El número total de hojas al trasplante y el peso fresco de raíz y parte aérea tuvo un mejor comportamiento en el VCC25, esto se explica por la menor competencia de los plantines por luz.

CRÍTICAS A LA METODOLOGÍA

* Existió un error metodológico en el número de plantas por bandeja, al no preverse la reposición de plantas no emergidas. Esto llevó a un crecimiento diferencial de los plantines al no estar en iguales condiciones de espacio y luz.

* Es de destacar la importancia de ajustar una metodología apropiada para caracterizar físicamente los sustratos, ya que las propiedades físicas inciden en el comportamiento de estos. El no haber contado con un buen análisis físico pudo enmascarar resultados en el ensayo.

* De ser posible en trabajos futuros realizar varias medidas de conductividad eléctrica durante el ensayo, ya que esta varía y puede explicar el comportamiento de los sustratos.

CONCLUSIÓN GENERAL

* El aporte de materiales orgánicos, en mezcla con el suelo para elaborar los diferentes sustratos, hizo posible obtener buenos plantines respecto al testigo. Dicho aporte mejoró las características químicas del suelo (fundamentalmente la disponibilidad de fósforo). Esto se vio reflejado en un mejor crecimiento de los plantines, incrementando los valores de: altura, diámetro, número de hojas verdaderas y peso al trasplante, respecto al testigo.

REFLEXIÓN FINAL

* El resultado final en la producción de plantines, es la sumatoria de un conjunto de factores y sus interacciones, algunos de los cuales fueron desarrollados en este trabajo. No pudiendo por lo tanto explicar el comportamiento de los plantines analizando variables aisladas, sino que es necesario ver el proceso en su conjunto.

6. RESUMEN

El trabajo "Evaluación agronómica de sustratos orgánicos en la producción de plantines de morrón" fue realizado en el Centro Regional Sur (CRS) de la Facultad de Agronomía. Se realizó la evaluación agronómica de 12 sustratos orgánicos, en la producción de plantines de morrón de la variedad Maor, contrastados con un suelo testigo. Los sustratos empleados se realizaron mediante la mezcla de compost o vermicompost, de diferente origen, ave cerdo y vaca con cáscara de arroz, con el mismo suelo testigo en proporciones de 50 y 75%. El testigo utilizado fue un sustrato constituido por 100% del suelo, extraído del horizonte A perteneciente a un Brunosol de formación Libertad en el predio del CRS. Se realizó la caracterización química de los abonos puros, caracterización física y química de los sustratos, incluido el testigo. Durante el ensayo se midieron y analizaron estadísticamente, los parámetros emergencia, número de plantas con al menos una hoja verdadera desarrollada, altura y diámetro del plantín. Los parámetros número de hojas verdaderas por planta y peso fresco y seco de raíz y parte aérea al momento del trasplante se midieron pero no se analizaron estadísticamente. Se realizó el análisis químico del agua, usada para riego durante el ensayo, así como la medición de las temperaturas máxima y mínima dentro del invernáculo donde fue montado el ensayo. Se concluye que el agregado de abono orgánico permite obtener mejores plantines, a través del mejoramiento de las características químicas de los sustratos principalmente contenido de fósforo. Los sustratos en base al agregado de 25% de abono permiten la obtención de mejores plantines que aquellos con 50% de abono. Este hecho puede ser explicado en parte a la mayor salinidad de estos últimos. En general los compost se comportaron peor que los vermicompost. El origen marcó diferencias siendo los sustratos elaborados en base al agregado de abono de cerdo los de peor emergencia, los de vaca tuvieron un comportamiento intermedio y los de ave presentaron un buen comportamiento.

7. BIBLIOGRAFÍA

ALDABE, L . 1978. Pimiento. Montevideo 73 p .

AMAURY, A.; VISCONTI, A., 1991. Recipientes e substratos para a producao de mudas de tomate. *Agopecuaria catarinense* 4 (4): pp. 20-23.

ANSORENA MINER, J. 1994. *Sustratos, propiedades y caracterización*. Bilbao, Mundi-Prensa
172 p.

AVNIMELECH, Y. 1986. Organic residues in modern agriculture. In Chen, Y. y Avnimelech, Y. editores. *The role of organic matter in modern agriculture*. Dodrecht, The Netherlands, Martinus Nijhoff Publishers. pp. 1-10.

CELADU. 1992. *Temas de agricultura orgánica; Lombricultura*. Montevideo, Celadu 79p.

CHAMARRO, J. 1995. Anatomía y Fisiología de la planta. In Nuez, F. Rodríguez, A. y Tello, J. *El cultivo de tomate*. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa. pp 45-91.

COMISIÓN ADMINISTRADORA DEL MERCADO MODELO (CAMM), 1994. *Perfil de mercado compost y vermicompost*. CAMM, Montevideo. 30p.

COMPAGNONI, L. y PUTZOLU, G. 1990. *Cría moderna de las lombrices y utilización rentable del humus*. Primera edición. Barcelona, Editorial De Vecchi. 127p.

DALZELL, H. W. ; BIDDLESTONE, A. J. ; GRAY, K. R. ; THURAIRAJAN, K. 1991. *Manejo del suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales*. Roma, FAO. 178 p.

DE BOODT, M. 1975. *Caractères physiques et disponibilité en eau des substrats* *Annales de Gembloux* 81.

DÍAZ, R. ; MALVAREZ, G. ; ZORRILLA, A. 1995. De residuo a recurso; Bio reciclaje de cáscara de arroz en los humedales del este. Rocha, PROBIDES y Facultad de Agronomía. 27p.

DIRECTORIO DE PROVEEDORES DE SEMILLAS Y PLANTELES DE FLORES, PLANTAS Y ÁRBOLES ORNAMENTALES, 1997. Recipientes de cultivo. Horticultura 16 (7) pp. 47.

DOMÍNGUEZ VIVANCOS, A. 1993. Fertirrigación. Madrid, Mundi-Prensa 217p.

FASSBENDER, H. 1978. Química de suelos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, San José, Costa Rica 398 p.

FERRUZI, C. 1994. Manual de lombricultura. Buxade, C. Madrid, Mundi-Prensa. 138 p.

FONTENO, W. 1993. Problems & considerations in determining physical properties of horticultural substrates. Acta horticulturae 342.

FUENTES YAGUE, J. L. 1987. La crianza de la lombriz roja. Servicio de Extensión Agraria. Hojas divulgadoras del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Número 1/87 H. D. 28 p.

GOMEZ, P. Ñ. 1978. Adubos e adubacoes. Septima edición. San Pablo, Livraria Nobel. 184 p.

HENIS, Y. 1986. Soil microorganisms, soil organic matter and soil fertility. In Chen, Y. y Avnimelech, Y. editores. The role of organic matter in modern agriculture. Dodrecht, The Netherlands, Martinus Nijhoff Publishers. pp 159-166.

KIEHL, E. J. 1985 Fertilizantes orgánicos. San Pablo, Editora Agronómica Ceres Ltda. 459 p.

LABRADOR, J. 1995 La materia orgánica en los agroecosistemas. In Curso superior de especialización "Agricultura Sostenible y Agricultura Ecológica" Centro de Investigación y desarrollo Agrario "Las Torres y Tomejil" Alcalá del Río (Sevilla).

LONGO, A. D. 1993. Minhoca; de fertilizadora do solo a fonte alimentar. San Pablo, Editora Icone Ltda. 79 p.

MAAS,E. y HOFFMAN , G . 1977 . Crop Salt Tolerance Journal of the irrigation and drainage Division VOL .103 , pp 115-134.

MEINICKE, A. C. 1988. Las lombrices. Spilborghs de Alza, S. Montevideo, Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. 222 p.

MUSTIN, M. 1987. Le Compost; Gestion de la Matiere Organique. Paris, Editions Francois Dubusc. 953 p.

NUEZ, F. ; GIL, R. ; COSTA, J. 1996 El cultivo de pimientos chiles y ajíes. Madrid, Mundi-Prensa 607p.

PIZARRO, F. 1990. Riegos localizados de alta frecuencia. Madrid, Mundi-Prensa 471 p.

PRIMAVESI, A. 1990. Manejo ecológico do solo; Agricultura en regioes tropicais. Novena edición. Brasil, Nobel. 549 p.

RAVIV, M., CHEN, Y., INBAR, Y. 1986. Peat and peat substitutes as growth media for container-grown plants. In AVNIMELECH, Y., CHEN, Y. The role of organic matter in modern agriculture. Dordrecht, The Netherlands, Martinus Nijhof Publishers. pp. 257-287.

RESH, H. 1992 Cultivos hidróponicos. Nuevas técnicas de producción. Madrid, Mundi-Prensa 369 p.

SELKE, W. 1968. Los abonos. León España Editorial Academia 440 p.

SERRANO CERMEÑO, Z.1978. Tomate, Pimiento y Berenjena en invernadero. Madrid Publicaciones de extensión agraria. 247 p.

SERRANO CERMEÑO, Z. 1983. Invernaderos Instalación y manejo. Madrid Publicaciones de extensión agraria. 427p.

SILVA, A. 1991. La materia orgánica del suelo. Montevideo, Facultad de Agronomía. 47 p .

SMITH, M. and Members of the Northeast Organic Farming Association and Cooperative Extension. 1994. The Real Dirt United States of America, Northeast Region Sustainable Agriculture Research and Education Program. 265 p.

TERÉS, V.; ARTETXE, A.; BEUNZA, A. 1998. Caracterización física de los sustratos de cultivo. Horticultura Argentina 2 (5) pp. 34-37.

TISCORNIA, J. 1978. Multiplicación de plantas. Buenos Aires Editorial Albatros. 213 p.

VOGTMANN, H.; WAGNER, R. 1987, Agricultura ecológica. Porto Alegre 168p.

ZAPATA, M.; BAÑÓN, S.; CABRERA, P. 1992. El pimiento para pimentón. Madrid. Mundi prensa 240p.

8. ANEXOS

ANEXO 1

Escala de clasificación de suelos por salinidad

Conductividad (dilución 1/2)	Conductividad (dilución 1/5)	Clasificación
<2	<0,35	No salino
2-4	0,35-0,65	Ligeramente salino
4-8	0,65-1,15	Salino
8-16	>1,15	Muy salino

Unidades: mmhos/cm

Fuente: Dirección de Suelos y Aguas. MGAP.

ANEXO 2

Directrices para interpretar la calidad de las aguas para el riego en aspersión

Problema potencial	Unidades	Grado de restricción de uso		
		Ninguno	Ligero a moderada	Severo
CE 25 °C	dS/m	< 0,70	0,70 - 3,00	> 3,00
SDT	mg/l	< 450	450 - 2.000	> 2.000
RAS = 00-03 y CE=	dS/m	> 0,7	0,7 - 0,2	< 0,2
RAS = 03-06 y CE=	dS/m	> 1,2	1,2 - 0,3	< 0,3
RAS = 06-12 y CE=	dS/m	> 1,9	1,9 - 0,5	< 0,5
RAS = 12-20 y CE=	dS/m	> 2,9	2,9 - 1,3	< 1,3
RAS = 20-40 y CE=	dS/m	> 5,0	5,0 - 2,9	< 2,9
Sodio (Na ⁺)	meq/l	< 3,0	> 3,0	
	mg/l	< 70	> 70	
Cloruro (Cl ⁻)	meq/l	< 3,0	> 3,0	
	mg/l	< 100	> 100	
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/l	< 5	> 5	
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	meq/l	< 1,0	1,0 - 8,5	> 8,5
	mg/l	< 40	40 - 520	> 520
		6,5 - 8,3	> 8,3	

Fuente: Universidad de California (Leaflet 2995, 1985), citado por Carricaburu, J. 1996.

ANEXO 3

Clasificación del agua de riego según sus constituyentes críticos

Clase	C E (mmhos/cm)	Alcali (RAS)	Boro (ppm)	Cloro (ppm)	Bicarbonatos (meq /l)
1 Excelente	0,75	3	0,5	2,0	2,0
2 Aceptable	0,75-1,3	3-6	0,5-1,0	2,0-4,0	2,0-5,0
3 Marginales	1,3-1,75	6-11	1,0-3,0	4,0-8,0	5,0-8,0
4 No utilizable	3	más de 11	3,0	8,0	8,0

Fuente: Universidad de California, citada Por Carricaburu, J. 1996.

ANEXO 4

Registro de temperaturas máximas y mínimas en el invernáculo

Fecha	Días desde la siembra	Mínima	Máxima
26/09/95	19	5.0	38.0
27/09/95	20	9.0	34.0
28/09/95	21	7.0	32.0
29/09/95	22	12.0	34.0
30/09/95	23	15.0	31.0
1/10/95	24	15.0	28.0
3/10/95	26	15.0	33.0
4/10/95	27	22.0	32.0
5/10/95	28	15.0	25.0
6/10/95	29	13.5	35.0
7/10/95	30	14.0	38.0
9/10/95	32	10.0	39.0
10/10/95	33	11.0	29.0
11/10/95	34	9.5	30.5
13/10/95	36	11.5	28.0
15/10/95	38	12.0	34.0
16/10/95	39	9.0	36.0
17/10/95	40	9.0	31.0
18/10/95	41	9.0	26.5
19/10/95	42	9.0	33.0
20/10/95	43	12.0	35.0
22/10/95	45	12.0	31.0
27/10/95	50	10.0	38.0
30/10/95	53	17	33.0
31/10/95	54	7	34.0
1/11/95	55	7	35.5
3/11/95	57	7	38.5
7/11/95	61	18	24
Media		11.5	32.7

* Unidad: Grados Celsius.

ANEXO 5

Pautas para interpretación del análisis químico de suelos

pH en agua	clasificación
< 5,2	fuertemente ácido
5,2-5,8	ácido
5,9-6,9	débilmente ácido
7,0-7,4	débilmente alcalino
7,5-8,2	alcalino
> 8,2	fuertemente alcalino
Fósforo (ppm)	clasificación
1-6	muy bajo
7-11	bajo
12-16	medio
17-35	alto
>35	muy alto
Potasio meq/100g.	clasificación
< 0,20	bajo
0,20-0,40	medio
> 0,40	alto

* Fuente Ing. Agr. José Zamalvide com. pers.

ANEXO 6

Valores promedio de emergencia para las cuatro fechas estudiadas

Fecha Sustratos	29/9/95	1/10/95	3/10/95	20/10/95
TEST.	64,6	86,3	90,6	96,6
CV25	43,6	71,3	77,8	90,0
CC25	28,1	54,8	63,8	77,5
CA25	36,8	67,5	74,8	86,6
VCV25	37,1	63,5	69,6	78,6
VCC25	38,5	63,6	70	80,6
VCA25	42,3	74	79,8	88,0
CV50	34,6	59,8	68,6	80,0
CC50	22,5	46,6	57,6	68,3
CA50	51,6	79	82,5	92,3
VCV50	43,8	62,8	65,1	75,6
VCC50	34,5	56,3	60,1	76,0
VCA50	59,5	75	82	91,5

* Valores del número de alveólos con al menos una planta emergida.

ANEXO 7

Valores promedio de número de plantas con al menos una hoja verdadera en las tres fechas estudiadas

Fecha Sustratos	11/10/95	17/10/95	20/10/95
TEST.	64,3	76,5	95,6
CV25	56,0	73,8	88,1
CC25	38,1	57,0	75,6
CA25	49,1	69,0	84,3
VCV25	45,1	61,5	77,3
VCC25	48,0	65,8	78,1
VCA25	46,3	65,0	85,8
CV50	39,6	64,0	77,0
CC50	29,0	48,6	65,6
CA50	57,1	83,3	89,3
VCV50	46,5	65,3	73,6
VCC50	36,5	58,8	72,6
VCA50	51,0	81,0	88,0

* Valores del número de alveolos con plantas con por lo menos una hoja verdadera.

ANEXO 8

Valores promedio de altura de plantín en las tres fechas estudiadas

Fecha Sustratos	25/10/95	1/11/95	8/11/95
TEST.	39,83	42,95	47,56
CV25	46,16	56,15	70,90
CC25	40,90	49,00	70,06
CA25	42,80	50,80	67,43
VCV25	43,65	51,20	69,91
VCC25	44,06	52,05	73,50
VCA25	42,70	52,95	74,8
CV50	41,36	50,06	69,40
CC50	41,26	50,88	74,40
CA50	49,53	60,38	76,10
VCV50	46,90	56,60	71,80
VCC50	46,15	55,63	72,40
VCA50	52,40	61,40	78,90

* Valores expresados en milímetros.

ANEXO 9

Valores promedio de diámetro de plantín para las dos fechas estudiadas

Fecha Sustratos	1/11/95	8/11/95
TEST.	1,73	2,02
CV25	2,03	2,45
CC25	2,00	2,39
CA25	1,96	2,36
VCV25	1,91	2,35
VCC25	1,92	2,37
VCA25	1,97	2,48
CV50	1,93	2,44
CC50	1,89	2,45
CA50	2,17	2,48
VCV50	2,11	2,43
VCC50	1,93	2,32
VCA50	2,07	2,48

* Valores expresados en milímetros.