

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO CIENCIAS DEL SUELO



Comportamiento de la Salinidad del Fertirriego en la Producción y Calidad de Semillas de Hortalizas

Por:

JOSÉ ERIK SERRANO MARTÍNEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre del 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Comportamiento de la Salinidad del Fertirriego en la Producción y Calidad de Semillas de Hortalizas.

Presentada por:

JOSÉ ÉRIK SERRANO MARTINEZ

TESIS DE LICENCIATURA

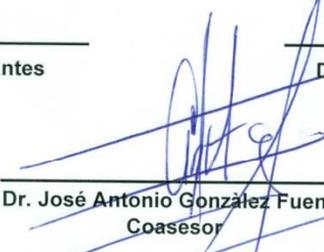
Que somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por:


Dr. Rubén López Cervantes
Presidente


Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coasesor


Dr. José Antonio González Fuentes
Coasesor


Dr. Luis Samaniego Moreno
Coordinador de la División de Ingeniería



Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"
Coordinación de Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Noviembre 2016

En el presente trabajo de investigación Titulado "*Comportamiento de la Salinidad del Fertiriego en la Producción y Calidad de Semillas de Hortalizas*" el Dr. Miguel Urrestarazu Gavilán, Profesor Titular del Departamento de Agronomía de la Universidad de Almería, España, fungió como director de tesis del C. José Erik Serrano Martínez de la carrera Ing. Agrícola Y Ambiental.



Dr. Miguel Urrestarazu Gavilán

Asesor Externo



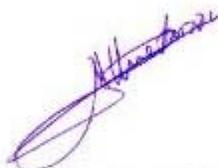
Dr. Alberto Sandoval Rangel

Asesor

Dr. Miguel Urrestarazu Gavilán, como Profesor-Investigador del Departamento de Producción Vegetal,

Por este medio autorizo el uso de los datos del proyecto "*Comportamiento de la Salinidad del Fertirriego en la Producción y Calidad de Semillas de Hortalizas*" para la elaboración de tesis y titulación de C. José Erik Serrano Martínez, quien durante su estancia de Investigación en el Departamento de Agronomía de la Universidad de Almería, España. En el periodo de Octubre de 2015 a Febrero de 2016, recabo los citados datos.

Firmado



Dr. Miguel Urrestarazu Gavilán
Almería, 22 de noviembre de 2016

AGRADECIMIENTOS

A esta gran institución (UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO) que me hizo crecer y desarrollarme como profesionista (INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL), y en especial a cada uno de los profesores quienes fueron y serán una herramienta indispensable en mi formación.

A la UNIVERSIDAD DE ALMERIA por abrirme sus puertas y brindarme su apoyo el cual fue fundamental en mi desarrollo como profesional y así mismo como en el desarrollo de este trabajo.

Dr. Miguel Urrestarazu Gavilán y M. Sc. Víctor Manuel Gallegos Cedillo por su amistad, confianza, consejos, asesoría y su valioso tiempo durante el desarrollo de este proyecto.

Dr. Alberto Sandoval Rangel mi más grande agradecimiento por su indispensable apoyo, consejos, comprensión y por brindarme su valioso tiempo el cual fue fundamental en el proceso de este proyecto.

Dr. Rubén López Cervantes por brindarme su apoyo a lo largo de mi carrera profesional dentro de la institución, por su apoyo, tiempo y conocimientos en la elaboración y revisión del presente trabajo.

Dr. José Antonio Gonzales Fuentes por brindarme su apoyo, conocimiento, consejos y su tiempo durante la elaboración y revisión del presente trabajo.

A todos y cada uno muchas gracias por su ayuda la cual fue indispensable.

DEDICATORIAS

A DIOS

Por permitirme terminar esta etapa de mi vida, por estar ahí en cada momento de mi vida y por permitirme tener en mi camino a mis amigos y maestros.

A MIS PADRES

Enrique Serrano Alfaro y Ma. Angélica Martínez Alvarado. Gracias por guiarme en cada paso de mi vida, por cada uno de los momentos en los que me brindaros su apoyo, cariño, amor, comprensión y consejos, por brindarme su apoyo y no dejarme aun en los momentos más difíciles de mi vida, cuando más los necesite, por eso y más muchas gracias.

A MI ESPOSA E HIJO

Por estar conmigo en cada momento, por su apoyo incondicional desde el primer día en que nos permitimos formar esta hermosa familia, por brindarme su cariño, comprensión, amor, consejos y compañía en cada momento que los necesite y por seguir conmigo en cada momento de mi vida, por eso y mucho más gracias.

A MIS HERMANOS

Leonela Serrano y familia, Edgar Serrano y familia, Luis Enrique Serrano, por su apoyo, cariño y comprensión que me regalaron en cada momento gracias hermanos.

A MI FAMILIA Y AMIGOS

A mis abuelos e hijos por bríndame sus sabios consejo y apoyo en cada momento que lo necesite, a mis amigos Manuel Nájera, Miguel Ángel, Salvador Ramírez, Luis Enrique, Jorge Dimas, Alberto Lugo, Ramón Hernández.

Por brindarme su amistad y por compartir grandes momentos juntos.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIAS	II
INDICE DE CUADROS	V
INDICE DE FIGURAS	VI
RESUMEN	VII
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	4
HIPÓTESIS	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
<i>CULTIVOS SIN SUELO</i>	5
<i>NUTRICIÓN MINERAL EN CULTIVOS SIN SUELO</i>	5
<i>SALINIDAD EN PLANTAS</i>	6
<i>CALIDAD DE SEMILLAS</i>	7
MATERIALES Y MÉTODOS	11
LOCALIDAD DEL ESTUDIO	11
METODOLOGÍA	11
VARIABLES EVALUADAS	16
<i>Disolución Nutritiva</i>	16
<i>Rendimiento (Frutos/m²)</i>	16
<i>Número de Frutos (Frutos/m²)</i>	16
<i>Peso Promedio de Fruto (PP Fruto)</i>	16
<i>Porcentaje de Fruto Comercial (% Comercial)</i>	16
<i>Porcentaje de Fruto Dañado (% Dañado)</i>	17
<i>Porcentaje de Materia Seca (% MS)</i>	17
<i>Firmeza (Firmeza kg)</i>	17
<i>Contenido de Sólidos Solubles (° Brix)</i>	17
<i>Potencial de Hidrogeno y Conductividad Eléctrica de Fruto (pH y CE)</i>	17
<i>Número de Semillas por Fruto (Semillas/Fruto)</i>	17
<i>Número de Semillas por Metro Cuadrado (Semillas/m²)</i>	17
<i>Porcentaje de Semilla Comercial por Metro Cuadrado (% Comercial/m²)</i>	18
<i>Porcentaje de Semillas Dañadas por Metro Cuadrado (% Dañadas/m²)</i>	18
<i>Porcentaje de Germinación (% Germinación)</i>	18
RESULTADOS	19
TOMATE PERA (C.V. CANILES)	19
<i>Disolución Nutritiva</i>	19
<i>Rendimiento y Calidad del Fruto de Tomate</i>	23
<i>Calidad del Físico-Química del Fruto</i>	24
<i>Productividad de Semilla</i>	24
<i>Germinación de la Semilla</i>	26
PIMIENTO (C.V. INFANTES)	27
<i>Disolución Nutritiva</i>	27
<i>Rendimiento y Calidad</i>	31

<i>Calidad Físico-química del Fruto</i> -----	32
<i>Productividad de Semilla de pimiento</i> -----	33
<i>Germinación</i> -----	34
DISCUSION -----	35
DISOLUCIÓN NUTRITIVA -----	35
RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO -----	37
CALIDAD FISICO-QUIMICA -----	37
PRODUCTIVIDAD DE SEMILLA -----	38
GERMINACIÓN -----	38
LITERATURA CITADA -----	41

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Análisis de propiedades físico-químicas del sustrato simple, rangos de valores... 12	12
Cuadro 2.- Niveles de Conductividad Eléctrica de la disolución nutritiva empleados para cada tratamiento..... 13	13
Cuadro 3.- Disolución nutritiva empleada en ambos cultivos durante la evaluación agronómica..... 14	14
Cuadro 4.- Comportamiento de la CE y el pH de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje aplicada en el cultivo de tomate a lo largo del ciclo de producción. 19	19
Cuadro 5.- Comportamiento de aniones y cationes de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje aplicada en el cultivo de tomate a lo largo del ciclo de producción. 21	21
Cuadro 6.- Comportamiento del Volumen de la disolución nutritiva aplicada en el cultivo de tomate a lo largo del ciclo de producción. 22	22
Cuadro 7.- Rendimiento de tomate por m ² , producido a diferentes valores de conductividad eléctrica en la disolución nutritiva. 23	23
Cuadro 8.- Calidad físico química del fruto de tomate, producido a diferentes valores de conductividad eléctrica en la disolución nutritiva..... 24	24
Cuadro 9.- Productividad de semilla de tomate, producido a diferentes valores de conductividad eléctrica en la disolución nutritiva..... 25	25
Cuadro 10.- Media y desviación estándar del porcentaje de germinación de las semillas de tomate a las 72 horas producidas a diferentes concentraciones de la conductividad eléctrica de la disolución nutritiva. 26	26
Cuadro 11.- Comportamiento de la CE y el pH de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje aplicada en el cultivo de pimiento a lo largo del ciclo de producción..... 27	27
Cuadro 12.- Comportamiento de aniones y cationes de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje aplicada en el cultivo de pimiento a lo largo del ciclo de producción..... 29	29
Cuadro 13.- Comportamiento del volumen de la disolución nutritiva aplicada en el cultivo de pimiento a lo largo del ciclo de producción..... 30	30
Cuadro 14.- Rendimiento y calidad física de pimiento por m ² , producido a diferentes valores de conductividad eléctrica en la disolución nutritiva..... 31	31
Cuadro 15.- Porcentaje de calidades comerciales del fruto de pimiento por m ² , producido a diferentes valores de conductividad eléctrica de la disolución nutritiva..... 32	32
Cuadro 16.- Calidad físico química del fruto de pimiento, producido a diferentes valores de conductividad eléctrica en la disolución nutritiva..... 32	32
Cuadro 17.- Productividad de semilla de pimiento, producido a diferentes valores de conductividad eléctrica en la disolución nutritiva..... 33	33
Cuadro 18.- Media y desviación estándar del porcentaje de germinación de las semillas de Pimiento a las 216 horas producidas a diferentes concentraciones de la conductividad eléctrica de la disolución nutritiva. 34	34

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.-Tendencia del comportamiento de la conductividad eléctrica de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje a lo largo del ciclo de producción de semilla de tomate.....	20
Figura 2.- Tendencia del comportamiento del pH de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje a lo largo del ciclo de producción de semilla de tomate.....	20
Figura 3.- Tendencia del comportamiento de los Nitratos (NO_3^-) de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje, así como la absorción de los mismos a lo largo del ciclo de producción de semilla de tomate.....	21
Figura 4.- Tendencia del comportamiento del ion potasio (K^+) de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje, así como la absorción del mismo a lo largo del ciclo de producción de semilla de tomate.....	22
Figura 5.- Tendencia del comportamiento del volumen de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje así como la absorción de la misma a lo largo del ciclo de producción de semilla de tomate.....	23
Figura 6.- Tendencia de la productividad de semilla por m^2 a lo largo de ciclo de producción de tomate con tres diferentes conductividades eléctricas de la disolución nutritiva.....	25
Figura 7.- Comportamiento de la germinación de la semilla de tomate, producida en tres diferentes conductividades eléctricas de la disolución nutritiva.....	26
Figura 8.- Tendencia del comportamiento de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva en la entrada y salida del drenaje a lo largo del ciclo de producción de semilla de pimiento.....	28
Figura 9.- Tendencia del comportamiento del pH de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje a lo largo del ciclo de producción de semilla de pimiento.....	28
Figura 10.- Tendencia del comportamiento de los Nitratos (NO_3^-) de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje, así como la absorción de los mismos a lo largo del ciclo de producción de semilla de pimiento.....	29
Figura 11.- Tendencia del comportamiento del ion potasio (K^+) de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje, así como la absorción del mismo a lo largo del ciclo de producción de semilla de pimiento.....	30
Figura 12.- Tendencia del comportamiento del volumen de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje así como la absorción de la misma a lo largo del ciclo de producción de semilla de pimiento.....	31
Figura 13.- Tendencia de la semilla por m^2 a lo largo del ciclo de producción de pimiento con tres diferentes Conductividades Eléctricas de la Solución Nutritiva.....	33
Figura 14.- Comportamiento de la germinación de la semilla de pimiento, producida en tres diferentes conductividades eléctricas de la disolución nutritiva.....	34

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en las instalaciones de la Universidad de Almería, España., con el objetivo, observar el comportamiento de la conductividad eléctrica de la disolución nutritiva en la producción y calidad de semilla de tomate y pimiento, en cultivo sin suelo. Se evaluaron tres niveles de conductividad eléctrica en la disolución nutritiva, 2.2, 3.5 y 4.5 dS/m⁻¹. Se midió, CE, pH, contenido de nitratos, potasio y volumen absorbido de la disolución drenada, rendimiento y calidad físico química de los frutos, rendimiento, calidad y germinación de semillas. Los resultados muestran que la CE, pH, el contenido de nitratos y potasio de la solución drenada aumenta. La producción y calidad física de los frutos y las semillas de tomate disminuye al aumentar la salinidad de la solución, y el pimiento no se ve afectado. La germinación de la semilla no se afecta por la salinidad de la disolución utilizada para su producción.

Palabras Clave: *Solanum lycopersicum*, *Capsicum annuum*, calidad de semillas, conductividad eléctrica, disolución nutritiva.

INTRODUCCIÓN

En los primeros tiempos de la agricultura primitiva, cuando predominaba una vida nómada, la experiencia práctica, enseñó que solamente las semillas de mejor calidad de cualquier cultivo deberían ser seleccionadas. La calidad de semillas es mencionada en escritos de la antigüedad, desde la filosofía china del siglo X AC hasta la Biblia. Muchas centenas de años después, se desarrolló el comercio nacional e internacional de semillas y la calidad de semillas se transformó en un tema a ser debatido, pero, más por razones negativas que positivas. Prácticas comerciales inescrupulosas y/o una falta de conocimiento por parte de aquellos que están involucrados en el comercio de semillas en Europa y la América del Siglo XIX originaron las primeras leyes de semillas el desarrollo del llamado “arte y ciencia de análisis de semillas” (AOSA Asociación de Analistas Oficiales de Semillas, 1983).

En los tiempos actuales, las circunstancias de libre mercado hacen necesaria la producción agrícola en forma eficiente y competitiva; por ello, es fundamental la innovación tecnológica y hacer un mejor y mayor uso del conocimiento e información, entre otros aspectos, para poder elevar la productividad de los cultivos. Es indiscutible que la semilla de buena calidad, producto de la investigación y desarrollo de variedades, representa el insumo estratégico por excelencia que permite sustentar las actividades agrícolas, contribuyendo significativamente a mejorar su producción en términos de calidad y rentabilidad (CEDRSSA Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, 2007).

Durante el año 2013 la producción mundial de semillas continuó su sostenida tendencia alcista, creciendo en los últimos años a tasas más aceleradas, lo que se ha visto reflejado en un aumento de los volúmenes de comercio exterior. Esta situación se ha sostenido en el tiempo gracias al desarrollo progresivo que ha tenido la industria, sustentada en el aumento de demanda por semillas de mejor calidad, que benefician directamente los rendimientos

productivos de los agricultores. Este desarrollo, ha llevado a que el rubro semillero a nivel mundial registre una comercialización de 45 mil millones de dólares durante el año 2012, según la *International Seed Federation (ISF)*. De este total, en ese año sólo diez países representaron el 75 por ciento del valor transado, entre los que destacaron Estados Unidos, China, Francia y Brasil. (ODEPA Oficina de estudios y políticas agrarias, 2012).

En la producción de semillas hay una fuerte relación entre la calidad y las condiciones de cultivo de las plantas madres, donde la mayor afectación se atribuye a los cambios en las condiciones ambientales y/o a la falta de control sobre algunos manejos productivos. Respecto a la nutrición, esta incide directamente sobre la calidad, alterando su peso, tamaño, germinación, vigor y composición de la misma. Hay mucha información publicada sobre la optimización en el manejo de concentraciones y relación entre nutrientes ajustadas al cultivo del tomate y pimiento para consumo en fresco o para industria y/o para diferentes condiciones de crecimiento (climáticas, fenológicas, sistemas de producción) (Sonneveld y Straver, 1994; Salas y Urrestarazu, 2004) pero en relación al ajuste de la curva óptima de absorción de nutrientes con fines de producción de semilla, la información es escasa (Xu *et al.* 2001).

La horticultura protegida, es un modelo productivo basado en el incremento del manejo cultural a través del aumento en el control de los factores productivos. Conjuntamente, se han desarrollado los cultivos sin suelo como complemento necesario ya que las mejores condiciones ambientales proporcionadas no pueden ser afectadas por la heterogeneidad del suelo. El mayor control en estos sistemas productivos se destaca por el uso más eficiente del agua y los fertilizantes, así como el control de las emisiones al medio ambiente frente al cultivo tradicional en suelo. Además se incluyen como ventajas de estos sistemas de cultivo a la exclusión de inicio de infecciones de suelo, reducción de energía aplicada al acondicionamiento ambiental de la raíz, mayor densidad de plantas, mejor control del desarrollo vegetativo de la planta, mayor productividad, mayor calidad y producción precoz (Benoit y Ceustemans, 1990; Urrestarazu y Mazuela, 2005). Con respecto a la nutrición del cultivo, ésta puede ser mejor controlada que en

cultivo en suelo, debido al volumen limitado del medio y a su constitución homogénea (Adams, 2004). Adaptando el manejo de la fertirrigación y la salinidad (expresada como la composición iónica de la solución nutritiva) a las condiciones de producción este manejo provee de excelentes condiciones para poder conseguir una alta producción de frutos con una óptima calidad y con el mínimo impacto ambiental (Urrestarazu *et al.* 2008; Massa *et al.* 2010).

Para algunas hortalizas cultivadas en cultivo sin suelo su producción óptima se puede esperar con valores de conductividad eléctrica (CE) entre 2.5-3.0 dS m⁻¹ (Sonneveld y Van der Burg, 1991), 2.5-5.5 dS m⁻¹; 2.0-4.5 y 1.8-3.6 dS m⁻¹ para tomate, pepino y pimiento, respectivamente (De Kreij *et al.* 1997).

Por tanto, se plantea como solución, la adaptación del fertirriego y salinidad para la optimización de la curva de absorción de nutrientes en las plantas madre de tomate y pimiento con el fin de optimizar la producción y calidad de semillas mejorar la eficiencia del uso de agua y nutrientes. (Marrush *et al.* 1998; Xu *et al.* 2001; Xu *et al.* 2002a, Xu *et al.* 2002b). El control de los factores productivos nos garantizará la homogeneidad de la calidad del producto final al mejorar la competitividad de la industria semillera y fortaleciendo su sostenibilidad en los mercados internacionales.

OBJETIVOS

Comportamiento de la conductividad eléctrica de la disolución nutritiva en la producción y calidad de semilla de tomate y pimiento, en cultivo sin suelo.

HIPÓTESIS

La conductividad eléctrica de la disolución nutritiva tendrá efecto significativo sobre la producción y calidad de semilla de tomate y pimiento en cultivo sin suelo.

REVISIÓN DE LITERATURA

Cultivos sin suelo

Los límites de los denominados cultivos sin suelo son bastante amplios. Incluye a todos aquellos métodos y sistemas que hacen crecer a las plantas fuera de su ambiente natural: el suelo. (Urrestarazu 2004). A estos cambios, se viene produciendo una sustitución gradual del cultivo tradicional en el suelo por el cultivo fuera del suelo, la principal razón es la de transportar las plantas de un lado a otro (Abad *et al.* 1996). El sustrato puede intervenir (material químicamente activo) o no (material inerte) en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta (Abad, 1991; Abad *et al.* 1996). Los cultivos sin suelo pueden funcionar como sistemas abiertos, a solución perdida, no recirculante, o como sistemas cerrados, con recirculación de las disoluciones nutritivas (FAO Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1990).

Nutrición mineral en cultivos sin suelo

La nutrición vegetal en cultivos sin suelo difiere de aquella en suelo debido al volumen radical mucho más pequeño. Las reservas de nutrientes encontradas en la mayoría de suelos, Por la capacidad de intercambio catiónico de la fracción de arcilla, no se presenta generalmente en medios sin suelo. La pérdida de nutrientes desde un sistema de lana de roca abierto es comparable debido a la lixiviación del suelo (Sonneveld, 2000). Las pérdidas desde sustratos orgánicos son usualmente mucho más altas, es decir disponible pero fácilmente lavable (Adams *et al.* 1978).

Steiner (1961); Definió con carácter práctico tres factores a considerar en la disolución nutritiva en los cultivos sin suelo, 1) la concentración de cada ion, 2) el pH de la disolución, 3) la concentración iónica total.

Las concentraciones ideales de nutrientes en hidroponía, pueden variar con los requerimientos del cultivo (Sonnevel y Straver, 1994).

Mediante diversos ensayos de hidroponía se optimizó la disolución de fertilizante para los cultivos de tomate y pimiento (Cadahia, C. 1988)

Arnold y Johnson (1942) encontraron que el óptimo de crecimiento de plántulas de tomate ocurría a rededor de pH 6.0 de la dilución del cultivo; 90% del potencial de crecimiento fue alcanzado entre pH 5.1 y 6.5, y el crecimiento rápidamente bajo sobre esos valores críticos.

El pH en la zona radical afecta la disponibilidad y absorción de muchos nutrientes. El pH óptimo para la mayoría de los cultivos de invernadero está entre 5.5 y 6.2. A un pH alto, P y Mn se afectan más seriamente ya que precipitan más fácilmente que los otros nutrientes en las zonas localizadas de pH alto (Voogt, 1994). Por otro lado, es bien conocida la flexibilidad de las raíces en la absorción diferencial entre sus partes; ya que las raíces son capaces de tomar agua por un lado y los nutrientes por otro (Sonneveld y Voogt, 1990)

En suelo y sustratos, la CE es determinada por los contenidos de agua y fertilizante; un alto contenido de agua diluye las sales y resulta en una baja de CE, a medida que el sustrato comienza a secarse, la CE aumenta, lentamente al inicio, pero se incrementa rápidamente cuando el sustrato se seca (Voogt y Sonneveld, 1997).

Salinidad en plantas

Las salinidades más altas resultan en aumentos considerables en la materia seca, contenido de azúcar y ácidos del fruto (Adams, 1991).

Todos los órganos de la parte aérea de las plantas de tomates se alteran con el incremento de la salinidad. Los tallos alcanzan menor altura, las hojas disminuyen en número, el área foliar igualmente se reduce y en los frutos se registra un menor número y peso (Vitelio Goykovic y G-Saavedra 2007).

Al regar las plantas de tomate con aguas salinas se ha observado que la calidad de los frutos mejora, éstos presentan un mayor contenido de sólidos solubles (Del Amor *et al.* 2001; Fernández-García *et al.* 2004; Serio *et al.* 2004; Satti-SME y López, 1994), sólidos totales, acidez total, carotenoides y licopeno (Maggio *et al.* 2001). Estudios sobre la respuesta de las plantas al estrés osmótico (Nichols - MA *et al.* 1995) muestran que a mayores niveles de estrés se mejora la calidad de los frutos.

Calidad de Semillas

En semillas el término calidad incluye aspectos sanitarios, genéticos, ecofisiológicos y de apariencia (Akbulak y Bolkan, 2010 y Milošević *et al.* 2010). Tanto el significado como el estándar dependen de las necesidades de los usuarios de las semillas (Corbineau, 2012 y Matthews *et al.* 2012).

Específicamente la calidad ecofisiológica se representa por la germinación y el vigor (Hacisalihoglu y White, 2010).

El primer término asocia las propiedades de las semillas con la capacidad para producir plántulas normales, mientras que en el segundo, se incluye no sólo la capacidad para nacer, sino además que el proceso de obtención de plántulas ocurra de forma rápida y uniforme, en condiciones semejantes a las de campo (AOSA, 1983, ISTA, 1995, Hacisalihoglu y White, 2010).

El porcentaje de germinación es el principal parámetro para determinar la calidad de semillas e indica el potencial máximo de un lote de semillas para la implantación del cultivo en condiciones óptimas de siembra. Entonces, expresa el mayor porcentaje de plantas que se puede obtener a partir de un lote de semillas, aun cuando éste suele ser inferior debido a que habitualmente las condiciones reales de cultivo distan del óptimo. Categoriza las plántulas obtenidas, clasificándolas con criterios estandarizados, basados en las condiciones externas de las plántulas (ISTA International Rules for Seed Testing, 2003).

El vigor informa sobre la homogeneidad de implantación del cultivo, en condiciones no óptimas o desfavorables de siembra. Entonces, expresa la capacidad de las semillas o plantas para superar condiciones bióticas o abióticas adversas. Se busca que se evalúe de manera conjunta tanto la velocidad de crecimiento (tamaño de plántula) como la susceptibilidad a las condiciones de siembra no favorables. En muy pocas especies se ha estandarizado la metodología, no obstante, todas las pruebas reproducen en laboratorio las condiciones de campo, de este modo, hay pruebas de estrés, otras de determinación de capacidades metabólicas de las semillas y las más actuales evalúan crecimiento y uniformidad de plantas (ISTA, 1995).

El vigor es la suma de propiedades que determinan el nivel de actividad y capacidad de la semilla o lote de semillas durante la germinación y emergencia de la plántula (ISTA, 2004, Aristizábal y Álvarez, 2006).

Es el primer componente de la calidad que muestra señales de deterioro de las semillas, seguido por una reducción en la germinación o de la producción de plántulas normales, y finalmente la muerte de las semillas (Ferguson, 1995, Salinas *et al.* 2001).

Cabe destacar que la calidad de la semilla en cuanto a vigor se define durante la maduración en la planta madre (Catusse *et al.* 2008, Rajjou *et al.* 2012).

Los efectos de la salinidad en el porcentaje de germinación de las semillas de tomate se encuentran estrechamente relacionados a las concentraciones de las sales en el medio de siembra, como también al cultivar o especie de que se trate. El tiempo en que tardan en germinar también se prolonga (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999; El-Habbasha *et al.* 1996; Singer-SM, 1994)

La salinidad afecta negativamente la germinación de las semillas de tomates, sean estas las formas silvestres como las cultivadas. Estos efectos inciden en el porcentaje de germinación y el tiempo en que este proceso se lleva a cabo. (Goykovic y Saavedra, 2007)

Las altas temperaturas durante el desarrollo de la semilla de pimiento pueden afectar negativamente la calidad, produciendo un mayor porcentaje de semillas anormales y una reducción del rendimiento, debido a la limitación en la acumulación de hidratos de carbono y lípidos (Pawamas y Nawata, 2007). Según el momento en que afectan a la planta, pueden reducir la fecundación (Erickson y Markhart, 2002) y el número de semillas por fruto (Aloni *et al.* 2001), dicha situación se ha descrito en diferentes variedades (Khah y Passam, 1992 y Pagamas y Nawata, 2008).

Por otra parte, el estrés por baja temperatura induce daño foto oxidativo, afecta la fluidez de los lípidos de la membrana, afecta la fotosíntesis, la conductancia estomática, la actividad de la rubisco y fijación de CO₂ en las plantas (Waraich *et al.* 2012)

El manejo de los nutrientes busca maximizar la productividad del cultivo junto con minimizar los impactos ambientales. Adicionalmente, las prácticas de manejo de nutrientes balanceadas y reguladas en el tiempo posibilitan alcanzar alto rendimiento y calidad, además de mejorar el estado de las plantas y reducen los riesgos ambientales (Hellal y Abdelhamid, 2013).

Las restricciones en el suministro de nutrientes durante el desarrollo del cultivo, afectan negativamente el vigor y el tamaño de la planta (Xu *et al.* 2001). Entonces, el manejo nutricional de la planta madre no solamente afecta el rendimiento total de semillas, sino que también la calidad de las mismas (Xu *et al.* 2002).

Si bien los constituyentes que componen la semilla están determinados genéticamente, la cantidad relativa de éstos puede depender del clima y la disponibilidad de nutrientes de la planta madre (Xu y Kafkafi, 2003).

El potasio juega un rol esencial en la supervivencia de las plantas que están bajo estrés ambiental. Es esencial para muchos procesos fisiológicos como la fotosíntesis, translocación de fotosintatos hacia los órganos que lo demandan, mantención de turgencia y activación de enzimas bajo condiciones de estrés (Waraich *et al.* 2012).

Hay referencias en cuanto al efecto del potasio en el alivio de la planta al estrés ambiental, frente a una condición de altas temperaturas (Cakmak, 2005).

El vigor de las semillas se asocia con la integridad de las membranas, tamaño de semillas, características de la testa y concentración de minerales (Xu y Kafkafi, 2003). Esta composición depende de los factores genéticos, ambientales (Ding *et al.* 2013) y de la disponibilidad de nutrientes durante la producción, lo cual consecuentemente afecta el vigor (Veiga *et al.* 2010).

La semilla de pimiento se compone principalmente de lípidos (19,57%), proteína (19,28%) y carbohidratos (56,3%), en cuanto a los minerales el potasio es el elemento más abundante, seguido por fósforo y sodio (Embaby y Mokhtar, 2011).

La falta de potasio en pimiento puede finalmente alterar los niveles de diferentes enzimas, ácidos orgánicos y azúcares, y eventualmente influenciar los niveles de hormonas en las semillas (Marrush *et al.* 1998).

La semilla del tomate tiene forma lenticular, con unas dimensiones de 5x4x2 mm y está constituida por el embrión, endospermo y la testa o cubierta seminal (Noez, 2001).

Las semillas son grisáceas, de pequeños tamaños, discoidales y recubiertas de vellosidades. El número de semillas que hay en 1 g puede ser de hasta 350, con una capacidad germinativa de 4 o 5 años. Esta composición depende de los factores genéticos, ambientales (Ding *et al.* 2013) y de la disponibilidad de nutrientes durante la producción, lo cual consecuentemente afecta el vigor (Veiga *et al.* 2010).

En general, el tomate es un alimento que se caracteriza por tener un alto contenido de humedad, la cual se encuentra entre 90 y 97%, es bajo en grasas, proteínas y azúcares (0.7-1.1%, 0.2-0.7%, 1.2-2.5%, respectivamente), y es una fuente importante de β -caroteno, licopeno y vitamina C, sin embargo, su aporte nutricional depende de la variedad (FAO, 2010).

El potasio participa en la actividad de varias enzimas presentes en las plantas, implicadas en una serie de reacciones en la utilización de energía, síntesis de almidón, metabolismo del nitrógeno y respiración (Veiga *et al.* 2010). Las deficiencias severas de potasio en pimiento producen un alto porcentaje de semillas anormales (Xu *et al.* 2002).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidad del Estudio

El presente estudio se realizó en las instalaciones (invernadero), de la Universidad de Almería, España. Dicha institución se localiza en Carretera de Sacramento, s/n, la cañada Almería. Su ubicación geográfica se sitúa en los 36° 49' 43.50" de latitud Norte y 2° 24' 38.13" de longitud Oeste y a una altitud de 6 msnm a la orilla del Mar Mediterráneo.

Metodología

El material vegetal utilizado en la evaluación agronómica fueron los cultivares de pimiento "Lamuyo" (*Capsicum annuum* C.V. Infantes) y tomate "tipo pera" (*Solanum lycopersicum* C.V. Caniles), adquiridas de la casa comercial Ramiro Arnedo ubicada en la zona de Almería.

Para lograr un mejor desarrollo de los cultivos estudiados y así obtener una semilla de mejor calidad la evaluación se realizaron bajo las siguientes condiciones y labores en el área de evaluación.

El invernadero en donde se realizará el experimento está situado en las instalaciones de la Universidad de Almería, España. En un invernadero tipo parral, ventilación cenital, lateral y estructura de acero galvanizado.

Se realizó desinfección de macetas con el objetivo de mantener el contenedor con la mejor sanidad posible para mantener la menor cantidad de parásitos que pudieran ser dañinos para las plantas una vez establecidas. Se realizó la desinfección con una solución al 10% de ácido peracético y lejía comercial (cloro), las macetas fueron lavadas y desinfectadas.

Con el fin de hacer eficiente el costo de producción se empleó como medio de plantación sustrato fibra de coco debido a que es un material adecuado para los cultivos empleados y de bajo costo en la zona de Almería el sustrato empleado

fue de nueva utilización y no se renovó pues mantuvo sus características físico químicas a lo largo de todo el experimento (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Análisis de propiedades físico-químicas del sustrato simple, rangos de valores.

	%	%	Pot H ⁺	dSm ⁻¹	%	%	mL/L	g/cm ³
SUSTRATO	C/N	MO	pH	CE	EPT	CA	RA	DA
F. COCO	74- 194	88.6- 95.7	4.76- 6.25	0.39- 6.77	93.8- 98.7	22.2- 90.5	110- 797	0.020- 0.094
C/N= relación carbono nitrógeno, MO= Materia orgánica, pH= Potencial de hidrógeno, CE= Conductividad eléctrica, EPT= Espacio poroso total, CA= Capacidad de aire, RA= Retención de agua, DA= Densidad aparente.								

Abad et al. (1997).

Con la finalidad de hacer eficiente el uso del agua, se utilizó como método de riego gotero autocompensante de 4 L/H con línea de riego independiente para cada una de las conductividades eléctricas deseadas y automatizado mediante cabezal de riego sectorizado e inyección venturi.

Posterior al trasplante se realizó un lavado previo de sales en la maceta de trasplante debido a que la fibra de coco contiene una CE=4.2 dSm⁻¹ dicho lavado se realizó mediante riego con abundante agua hasta lograr el drenaje de las sales, el trasplante se realizó cuando la planta tenía de 10 a 20 cm de altura colocando dos plantas por maceta.

Los cultivos de tomate y pimiento se realizaron en un invernadero sectorizado, para el fertirriego, que nos permitió ajustar a la CE adecuada con fines de producción de semillas variando las concentraciones de nutrientes en la disolución nutritiva

Se llevaron a cabo experimentos con el mismo equilibrio nutritivo (igual balance para los macro nutrientes y micronutrientes) pero con diferentes concentraciones de nutrientes. Debido a que la calidad del agua de la zona tiene como valor de CE alrededor de 0.85 dS m⁻¹, se tomó el nivel de CE= 2.2 dS m⁻¹ para el tratamiento testigo (T1). Para los dos siguientes tratamientos se elevó el nivel a T₂= 3.5 dS m⁻¹ y T₃= 4.5 dS m⁻¹. (Cuadro 2.)

Cuadro 2.- Niveles de Conductividad Eléctrica de la disolución nutritiva empleados para cada tratamiento.

Experimento	Cultivo	Nivel de CE (dS m ⁻¹)
1	Tomate	T ₁ = 2.2
		T ₂ = 3.5
		T ₃ = 4.5
2	Pimiento	T ₁ = 2.2
		T ₂ = 3.5
		T ₃ = 4.5

La unidad experimental manejo un área de 4.61 m², constituida por seis macetas equivalentes a dos sacos de sustrato de 1 m de longitud. Cada maceta tiene un volumen de 16 litros de sustrato fibra de coco, colocando dos plantas por maceta para una densidad de doce plantas por unidad experimental.

El tipo de fertirriego empleado fue a sistema abierto a disolución perdida pues el que mejor se ajustó para la consecución de los objetivos marcados. La programación de riegos se realizó por el método de riegos a tiempo, según las características del sustrato, las condiciones climáticas y el volumen drenaje recolectado. (Urrestarazu, 2004).

Cada riego mantuvo una duración de 5 minutos, con caudal de gotero autocompesante y autodrenante de 4 L h⁻¹ y 1 gotero por maceta de cultivo. El volumen de riego se calculó con una media de 20% a 30% de drenaje. Las características de la disolución nutritiva empleada se muestra en el Cuadro3. El equipo de fertirriego consistió de un controlador, dos tanques de polipropileno de 1000 L de capacidad cada uno (tanque A y B) y un tercero de 400 L para el ácido. La disolución madre se concentrará 50 veces y repartiendo parte de nitrato de potasio, sulfato de amonio, ácido fosfórico y microelementos en el tanque A y nitrato de calcio, y resto de nitrato de potasio en el tanque B, en el tercer tanque se agregó el ácido nítrico. La inyección de la disolución madre fue por medio de un sistema venturi por cada tanque y el control de consignas de pH y conductividad

eléctrica se realizó mediante sondas instaladas en el cabezal de riego y electroválvulas ubicadas antes de cada sistema venturi.

Cuadro 3.- Disolución nutritiva empleada en ambos cultivos durante la evaluación agronómica.

	CE (dS m ⁻¹)	pH	(mmol L ⁻¹)						
			K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻
requerimiento	2.2	5.8	7,0	0,5	3,75	1,0	10,5	1,50	2,5

Sonneveld (1980)

Para evaluar los parámetros de fertirriego se instaló una bandeja de drenaje por cada tratamiento y repetición en cada experimento. Cada bandeja de drenaje contenía tres macetas de sustrato. Con esta bandeja se consiguió recolectar el drenaje en un recipiente enterrado en el suelo. Además se instalaron recipientes para recolectar el fertirriego desde goteros de control (Urrestarazu, 2004).

Cada semana se realizaron mediciones del volumen de riego y drenaje de 24 horas; además, se tomaron muestras control para medir la CE, pH, NO₃⁻ y K⁺ mediante- conductivímetro, pH metro y Equipos LAQUAwin (NO₃⁻ y K⁺). Con los valores de concentración de iones en drenajes y fertirriego, y con los datos de consumo hídrico y volumen de drenaje, se obtienen datos de absorción, disolución nutritiva aplicada y nutrientes totales aplicados, semanales y totales del ciclo. Con los datos de volumen de riego y drenaje se calcula el consumo hídrico

Para el manejo adecuado de ambos cultivos las plantas fueron conducidas con cordel de polipropileno y sujetadas al alambre del entramado del invernadero, para el caso de tomate se manejó tutorado a un solo tallo, para el caso del pimiento se manejó tutorado holandés a tres tallos (Urrestarazu y Salas, 2002)

Se promovió el cuajado de los frutos y semillas para lo cual se realizó hibridación mecánica realizando golpeteos diarios en el alambre del entramado del invernadero esto para la fecundación de los botones florales.

Para el continuo manejo adecuado de ambos cultivos se realizaron podas y deshojes en ambos cultivos para el cultivo de tomate se eliminaron los brotes que se desarrollan hacia el interior de las plantas en las partes axilares del tallo principal, así mismo se realizó los correspondientes deshojes a conforme se realizaba el cuajado de los racimos esto con el fin de mantener el crecimiento en altura de la planta. Para el caso del pimiento se eliminaron los brotes que se desarrollan hacia el interior de la planta esto con la finalidad de mantener solamente tres tallos por planta y un fruto por brote.

La cosecha de los frutos se realizó cuando se alcanzó la madurez establecida para la multiplicación de semillas que correspondió cuando el fruto obtuvo la totalidad de la superficie de color rojo.

La extracción de la semilla se realizó tomando cada uno de los frutos cosechados.

Para el caso de tomate la semilla se obtuvo realizando un corte transversal en la parte media del fruto exponiendo toda la semilla posteriormente se procede a retirar toda la semilla se cada uno de los frutos clasificados por tratamiento y repetición, la semilla obtenida se colocó en una bolsa de malla con el fin de realizar un mejor lavado y retirado de la placenta de la semilla dicha placenta fue retirada con una disolución de ácido nítrico a 15% durante 15 minutos, posteriormente los residuos de ácido fueron retirados con agua.

Para el caso del pimiento la semilla se obtuvo realizando un corte transversal en la parte media de cada uno de los frutos cosechados y clasificados en cada uno de los correspondientes tratamientos y repeticiones, esto para exponer completamente la semilla del fruto, posteriormente se retiró completamente la semilla del interior de cada uno de los frutos, dicha semilla fue

lavada y desinfectada con una disolución al 30% de cloro comercial, los residuos de cloro fueron retirados con agua.

El diseño experimental se estableció con un diseño de bloques completamente al azar con tres tratamientos y tres repeticiones. Para el análisis estadístico se utilizó el programa Statistica 12.0 con un nivel de significancia de 95% $P \leq 0.05$.

Variables Evaluadas

Las variables evaluadas para cada uno de los supuestos tomate y pimiento fueron los siguientes

Disolución Nutritiva

A la entrada de la solución nutritiva y a la salida del drenaje se realizaron mediciones de pH y CE con pH-metro marca CRISON MM40, Volumen de agua con probeta volumétrica de 1L, Nitratos (NO_3^-) y Potasio (K^+) con Equipos LAQUAwin.

Rendimiento (Frutos/m²)

Es el rendimiento obtenido por metro cuadrado de producción contemplando todos los frutos recolectados comerciales y no comerciales.

Número de Frutos (Frutos/m²)

Número de frutos obtenido por metro cuadrado de producción de todos los frutos obtenidos.

Peso Promedio de Fruto (PP Fruto)

Peso promedio que se logró obtener por fruto.

Porcentaje de Fruto Comercial (% Comercial)

Porcentaje de frutos sanos obtenidos por metro cuadrado de producción, dentro de esta categoría entran todos los frutos que no presentaron daño o anomalía alguna.

Porcentaje de Fruto Dañado (% Dañado)

Porcentaje de frutos dañados por metro cuadrado de producción, no se recomiendan como aptos para ser comercializados puesto que presentaron algún daño físico, fisiológico o patológico.

Porcentaje de Materia Seca (% MS)

Mediante selección de 200 g. de fruto comercial dicha muestra fue previamente cortada y separada uniformemente en una bandeja de aluminio la cual fue llevada a la estufa de secado a 85°C (peso constante) de la muestra la cual fue posteriormente pesada en una balanza de precisión para obtener el peso fresco y peso seco de la muestra.

Firmeza (Firmeza kg)

Mediante un penetrometro mecánico empleando el vástago de 8 mm mediante la toma de diferentes frutos por tratamiento y obteniendo un promedio de los valores.

Contenido de Sólidos Solubles (° Brix)

Mediante triturado con las cuatro cuartas partes de cada fruto Posteriormente se toma con unas gotas de la muestra del triturado sobre el prisma del refractómetro manual marca ATAGO N1 (Brix 0-32%).

Potencial de Hidrogeno y Conductividad Eléctrica de Fruto (pH y CE)

Mediante triturado con las cuatro cuartas partes de cada fruto, Posteriormente con una muestra del jugo suficientes para cubrir el electrodo del pH-metro marca CRISON MM40, con la misma medida se obtienen ambos datos.

Número de Semillas por Fruto (Semillas/Fruto)

Promedio obtenido del conteo de semillas obtenidas únicamente de un fruto.

Número de Semillas por Metro Cuadrado (Semillas/m²)

Obtenido de la extracción y conteo de semillas totales obtenidas por m².

Porcentaje de Semilla Comercial por Metro Cuadrado (% Comercial/m²)

Obtenido de la extracción y conteo de semillas que tienen valor comercial o semillas sanas, aquellas que no presentaron apariencia física, fisiología y patológica dañina.

Porcentaje de Semillas Dañadas por Metro Cuadrado (% Dañadas/m²)

Obtenido de la extracción y conteo de semillas únicamente de las que no contienen valor comercial o semilla destruído es decir aquellas que presentaron apariencia física, fisiológica y patológica dañina, contemplando únicamente un m² de producción el resultado se expresa en % semilla dañada / m².

Porcentaje de Germinación (% Germinación)

Se realizó con agua desionizada utilizando una muestra estándar de semillas por cada tratamiento y repetición, se realizó utilizando cajas de Petri, utilizando tres repeticiones por cada repetición del tratamiento, se utilizaron 100 semillas por cada caja de Petri siendo así 300 semillas por repetición, las cuales se sometieron a condiciones controladas de germinación con humedad relativa de 90% y temperatura de 25°C durante 72 horas en una cámara de incubación, al paso de las 72 horas se realizó el conteo de las semillas germinadas para obtener un % de germinación para el caso de semillas de tomate, y durante 216 horas para el caso de semillas de pimiento.

RESULTADOS

Tomate Pera (C.V. Caniles)

Disolución Nutritiva

Conductividad Eléctrica y pH

La Conductividad Eléctrica CE de la disolución nutritiva del drenaje aumentó en todos los tratamientos (Cuadro 4), este comportamiento se observó durante todo el cultivo, el incremento fue mayor durante las primeras semanas y se fue reduciendo en la medida que el cultivo fue creciendo (Figura 1).

El pH tuvo un comportamiento variable, en conductividades bajas disminuyó, mientras que en conductividades altas aumento (cuadro 4). En general se observó un incremento del pH del drenaje hasta la semana 7, posteriormente se observó que no cambio respecto al pH de la disolución del riego o solución de entrada (Figura 2).

Cuadro 4.- Comportamiento de la CE y el pH de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje aplicada en el cultivo de tomate a lo largo del ciclo de producción.

CE de la Disolución (dS m ⁻¹)	Solución Nutritiva			
	CE Entrada	CE Salida	pH Entrada	pH salida
2.2	2.38 ± 0.17	4.57 ± 1.28	8.46 ± 14.11	6.92 ± 0.51
3.5	3.23 ± 0.32	6.98 ± 2.51	5.93 ± 0.45	6.18 ± 0.70
4.5	4.16 ± 0.57	7.24 ± 2.59	5.26 ± 0.91	5.84 ± 0.78
Media general	3.26 ± 0.82	6.26 ± 2.50	6.55 ± 8.22	6.31 ± 0.81
Fc-Fa (P≤0.05)	229-0.00	1.92-0.14	19.85-0.00	29.61-0.00

Fc= F calculada, Fa= F de referencia

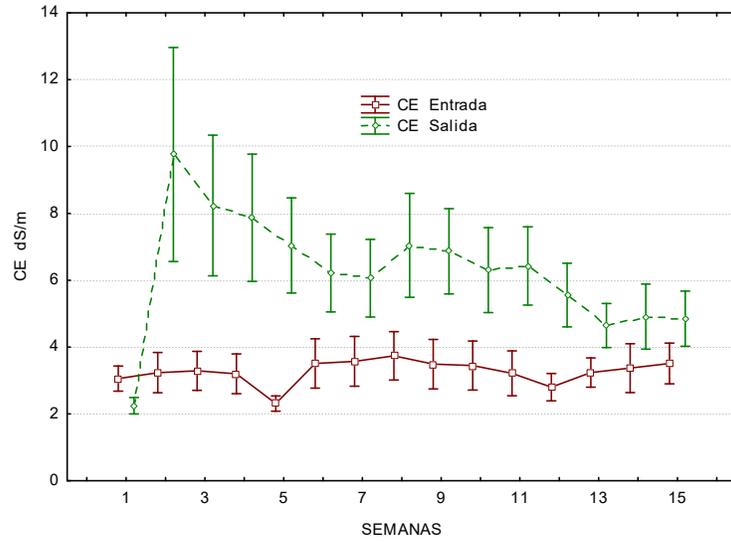


Figura 1.-Tendencia del comportamiento de la conductividad eléctrica de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje a lo largo del ciclo de producción de semilla de tomate.

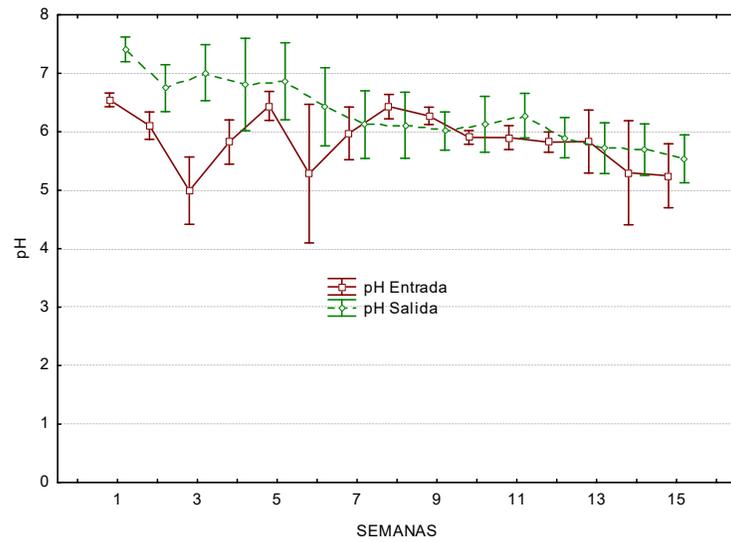


Figura 2.- Tendencia del comportamiento del pH de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje a lo largo del ciclo de producción de semilla de tomate.

Nitratos (NO_3^-) y Potasio (K^+)

La concentración de NO_3^- y K^+ de la disolución drenada aumento de manera similar para ambos iones, pero la absorción no mostro diferencia (cuadro 5). Al observar la dinámica de la absorción a través del tiempo, se observa que los nitratos se absorben en cantidad diferente de acuerdo a la etapa del cultivo, y la mayor absorción fue de la semana 1 a la semana 8, posteriormente disminuyó (Figura 3). La absorción de potasio también fue variable y no mostro un comportamiento normal siendo la mayor absorción durante la semana 7 (figura 4).

Cuadro 5.- Comportamiento de aniones y cationes de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje aplicada en el cultivo de tomate a lo largo del ciclo de producción.

CE de la Disolución (dS m^{-1})	Concentración de NO_3^- , K^+ en Solución Nutritiva					
	NO_3^- Entrada	NO_3^- Salida	NO_3^- Absorbido	K^+ Entrada	K^+ Salida	K^+ Absorbido
2.2	14.13±2.45	18.74±8.41	23.44±10.84	18.61±8.55	22.76±9.77	31.04±15.12
3.5	20.17±2.99	33.85±10.61	21.78±9.54	26.72±10.20	41.72±13.07	28.91±13.33
4.5	26.58±4.54	40.35±12.57	23.55±18.03	36.90±14.10	49.78±15.50	35.42±21.47
Media general	20.29±6.14	30.98±13.95	22.92±13.25	27.41±13.41	39.09±17.19	31.79±17.10
Fc-Fa $P \leq 0.05$	146.65-0.00	48.57-0.00	0.24-0.78	30.12-0.00	51.27-0.00	1.71-0.18

Fc = F calculada, Fa = F de referencia, N = 432 = Numero de datos de la muestra, NO_3^- = Nitratos en mmol, K^+ = Potasio en mmol.

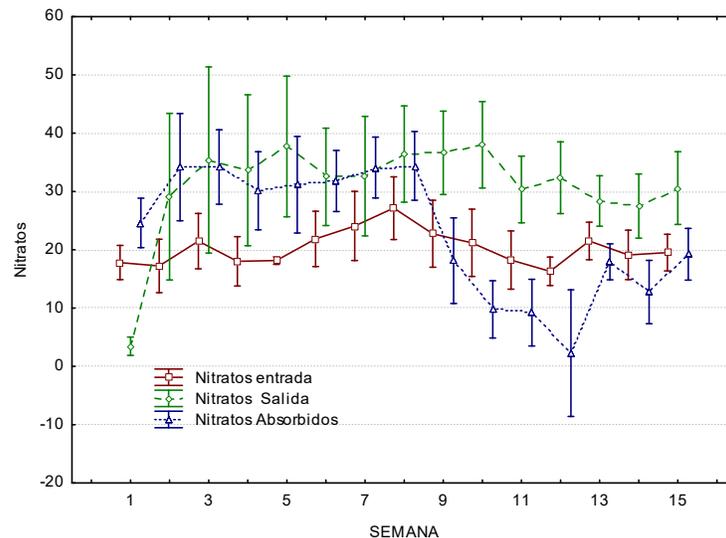


Figura 3.- Tendencia del comportamiento de los Nitratos (NO_3^-) de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje, así como la absorción de los mismos a lo largo del ciclo de producción de semilla de tomate.

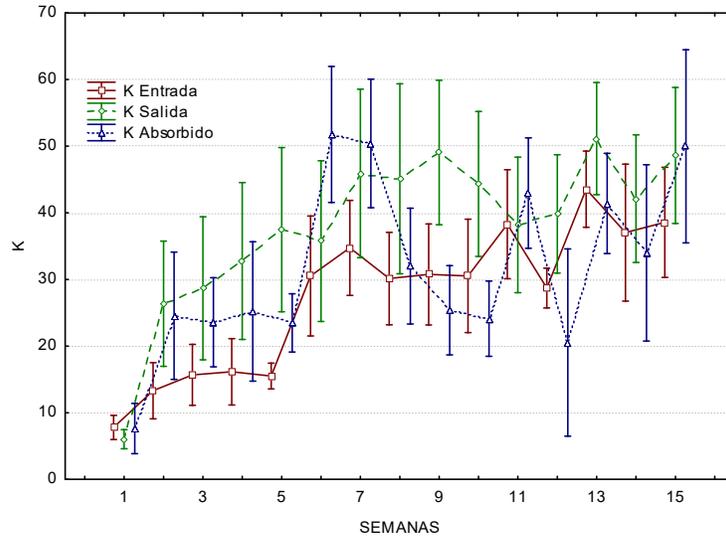


Figura 4.- Tendencia del comportamiento del ion potasio (K^+) de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje, así como la absorción del mismo a lo largo del ciclo de producción de semilla de tomate.

Volumen de la Disolución Nutritiva

La absorción de la disolución fue afectada por la conductividad eléctrica de la disolución nutritiva, se observó que la planta absorbe más agua en las disoluciones con baja conductividad eléctrica (Cuadro 6). La dinámica de absorción del agua fue diferente a través del transcurso del cultivo y la mayor absorción se observó durante las primeras 8 semanas (Figura 5).

Cuadro 6.- Comportamiento del Volumen de la disolución nutritiva aplicada en el cultivo de tomate a lo largo del ciclo de producción.

CE de la Disolución ($dS\ m^{-1}$)	Volumen en Litros de la Solución Nutritiva		
	Entrada	Salida	Absorbido
2.2	7.046400	1.57 ± 0.69	5.49 ± 1.57
3.5	7.046400	2.34 ± 0.76	4.69 ± 1.44
4.5	7.046400	2.94 ± 1.29	4.09 ± 1.65
Media general	7.046400	2.29 ± 1.10	4.76 ± 1.65
Fc-Fa $P \leq 0.05$	0.00-1.00	23.15-0.00	9.08-0.002

Fc= F calculada, Fa= F de referencia, N = 432 = Numero de datos de la muestra.

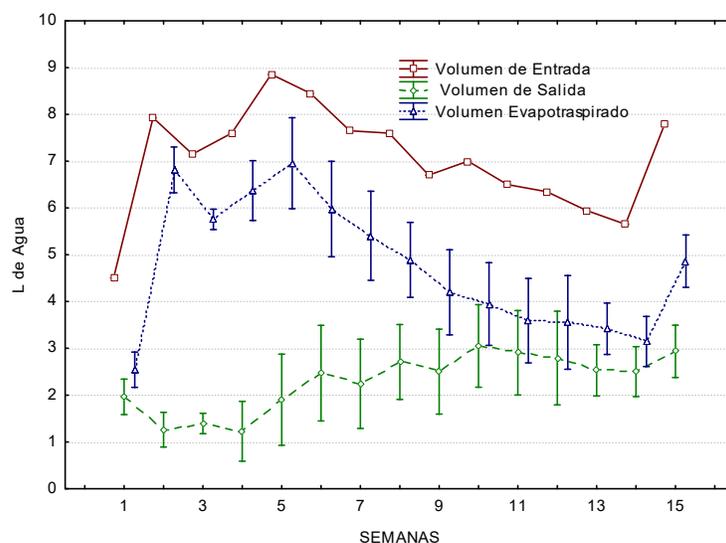


Figura 5.- Tendencia del comportamiento del volumen de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje así como la absorción de la misma a lo largo del ciclo de producción de semilla de tomate.

Rendimiento y Calidad del Fruto de Tomate

El rendimiento en kg/m², el peso promedio del fruto, el porcentaje de frutos comerciales y dañados fueron afectados por la conductividad eléctrica de la disolución nutritiva. La cantidad de Frutos/m² no se vio afectada, a diferencia de las demás variables (Cuadro 7).

Cuadro 7.- Rendimiento de tomate por m², producido a diferentes valores de conductividad eléctrica en la disolución nutritiva.

CE de la Disolución (dS m ⁻¹)	Rendimiento y Calidad del Tomate				
	kg. m ²	Frutos. m ²	PP Fruto (g)	% Comercial	% Dañado
2.2	14.34±2.69	169.84±8.27	83.88±17.70	95.49±1.47	4.50±1.47
3.5	9.82±0.72	177.00±13.34	57.65±1.71	71.28±4.33	28.71±4.33
4.5	9.50±0.75	186.55±23.06	55.44±5.27	69.89±7.80	30.10±7.80
Media general	11.22±2.75	177.80±15.72	65.65±16.54	78.89±13.26	21.10±13.26
Fc-Fa P≤0.05	7.87 – 0.02	0.81 – 0.48	6.54 – 0.31	22.75 – 0.001	22.75 -0.001

PP Fruto= Peso Promedio de Fruto, Fc= F calculada, Fa= F de referencia

Calidad del Físico-Química del Fruto

La conductividad eléctrica de la disolución nutritiva aumentó en contenido de sólido totales medidos como °Brix y porcentaje de materia seca. Y no tuvo efecto sobre el pH, CE y la firmeza del fruto. Los sólidos totales y el contenido de materia seca en el fruto aumentaron conforme aumento la CE de la disolución (Cuadro 8).

Cuadro 8.- Calidad físico química del fruto de tomate, producido a diferentes valores de conductividad eléctrica en la disolución nutritiva.

CE de la Disolución (dS m ⁻¹)	Calidad Físico-Química del Fruto				
	Firmeza kg	°Brix	pH	CE	% MS
2.2	4.19 ± 0.39	4.85 ± 0.58	3.90 ± 0.26	5.14 ± 0.27	4.80 ± 0.49
3.5	4.06 ± 0.18	5.86 ± 0.16	4.02 ± 0.3	5.55 ± 0.28	5.95 ± 0.30
4.5	4.38 ± 0.10	5.77 ± 0.06	3.98 ± 0.02	5.33 ± 0.46	5.77 ± 0.21
Media general	4.21 ± 0.26	5.50 ± 0.57	3.97 ± 0.14	5.34 ± 0.35	5.51 ± 0.61
Fc-Fa P≤0.05	1.15 - 0.37	7.47 - 0.02	0.47 - 0.64	1.01 - 0.41	8.96 - 0.01

°Brix= sólidos solubles, pH= potencial de hidrogeno, CE= conductividad eléctrica, %MS= porcentaje de materia seca, Fc= F calculada, Fa= F de referencia

Productividad de Semilla

La producción de semillas fue afectada por la CE de la disolución nutritiva, aun y cuando no se observa un comportamiento normal, si se vio que al aumentar la CE, disminuye la producción de semillas. La mayor producción de semillas por fruto, el rendimiento de semilla/m² y la cantidad de semillas sanas se obtuvo con la CE de la disolución más baja (Cuadro 9). Al observar el comportamiento de la producción de semilla a lo largo del ciclo del cultivo, se observó que la producción de semilla se incrementa conforme fue avanzando el cultivo (Figura 6).

Cuadro 9.- Productividad de semilla de tomate, producido a diferentes valores de conductividad eléctrica en la disolución nutritiva.

CE de la Disolución (dS m ⁻¹)	Productividad de la Semilla			
	Semillas/Fruto	Semillas/ m ²	% Sanas/m ²	% Dañadas/m ²
2.2	62.34 ± 4.61	1174.05 ± 152.70	98.18 ± 0.40	1.81 ± 0.40
3.5	53.46 ± 1.39	837.35 ± 108.21	96.24 ± 0.51	3.16 ± 1.18
4.5	55.89 ± 4.48	969.88 ± 81.24	97.23 ± 0.60	2.76 ± 0.60
Media general	57.16 ± 5.16	993.76 ± 178.84	97.22 ± 1.18	2.58 ± 0.91
Fc-Fα P≤0.05	4.37 - 0.06	6.21 - 0.03	2.98 - 0.12	2.21 - 0.19

F_c = F calculada, F_α = F de referencia

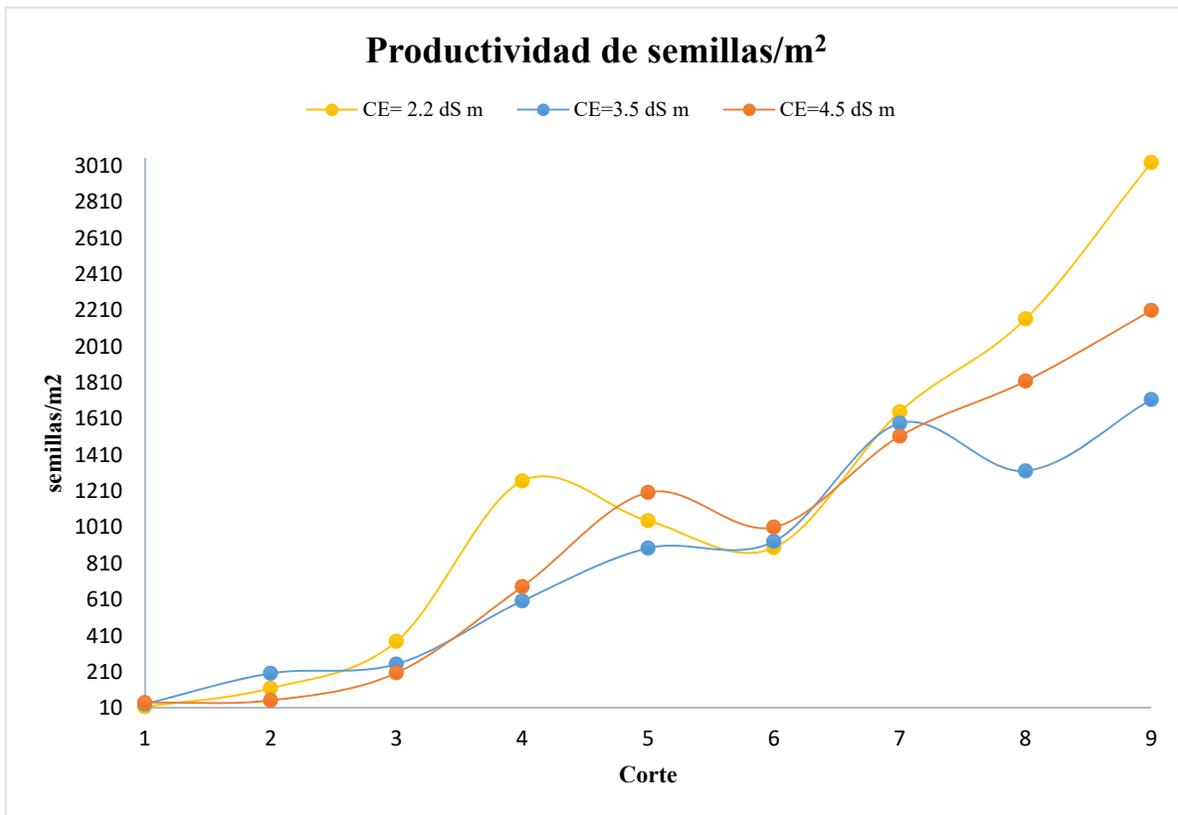


Figura 6.- Tendencia de la productividad de semilla por m² a lo largo de ciclo de producción de tomate con tres diferentes conductividades eléctricas de la disolución nutritiva.

Germinación de la Semilla

La germinación de la semilla de tomate tipo pera no se ve afectada por la conductividad eléctrica de la disolución nutritiva empleada para su producción (Cuadro 10). A las 72 horas se observó la semilla de tomate alcanzó su máxima tasa de germinación (Figura 7).

Cuadro 10.- Media y desviación estándar del porcentaje de germinación de las semillas de tomate a las 72 horas producidas a diferentes concentraciones de la conductividad eléctrica de la disolución nutritiva.

CE Disolución Nutritiva (dS m ⁻¹)	Semilla de Tomate	
	Germinada	No Germinada
2.2	79.55 ± 8.81	20.44 ± 8.81
3.5	89.22 ± 7.44	10.77 ± 7.44
4.5	89.00 ± 5.29	11.00 ± 5.29
Media general	85.92 ± 8.40	14.07 ± 8.40
Fc-Fα P<0.05	5.099 – 0.014	5.099 – 0.014

F_c= F calculada, *F_α*= F de referencia

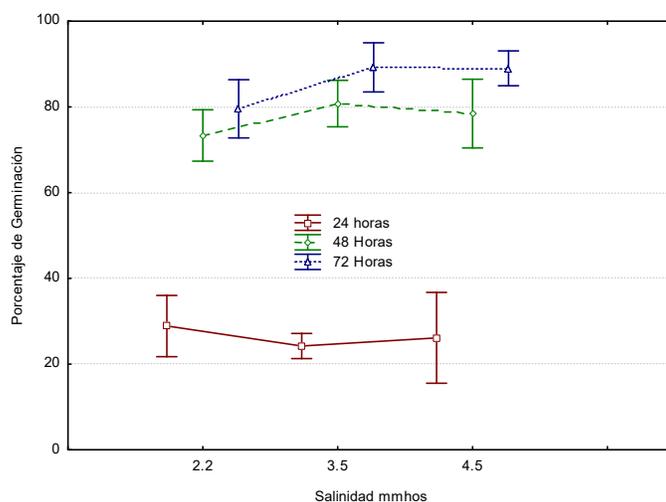


Figura 7.- Comportamiento de la germinación de la semilla de tomate, producida en tres diferentes conductividades eléctricas de la disolución nutritiva.

Pimiento (C.V. Infantes)

Disolución Nutritiva

Conductividad Eléctrica y pH

La Conductividad Eléctrica de la disolución nutritiva del drenaje aumentó en todos los tratamientos (Cuadro 11), este comportamiento se observó durante todo el cultivo (Figura 8). A diferencia del cultivo de tomate, durante las primeras semanas el aumento fue menor y se incrementó a partir de la 4 semana (Figura 8).

El pH también aumentó, a diferencia del cultivo de tomate el aumento se observó en todos los tratamientos (cuadro 11). En general se observó un incremento del pH del drenaje hasta la semana 8, posteriormente no cambio, respecto al pH de la disolución del riego o solución de entrada (Figura 9)

Cuadro 11.- Comportamiento de la CE y el pH de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje aplicada en el cultivo de pimiento a lo largo del ciclo de producción.

CE de la Disolución (dS m ⁻¹)	Solución Nutritiva			
	CE Entrada	CE Salida	pH Entrada	pH salida
2.2	2.36 ± 0.22	3.15 ± 0.80	6.34 ± 0.42	6.67 ± 0.56
3.5	3.24 ± 0.39	4.35 ± 0.89	5.91 ± 0.56	6.38 ± 0.53
4.5	4.22 ± 0.67	6.11 ± 1.44	5.21 ± 0.04	5.50 ± 0.83
Media general	3.27 ± 0.89	4.54 ± 1.62	5.82 ± 0.86	6.18 ± 0.82
Fc-Fa P≤0.05	568 - 0.00	87.36 - 0.00	270 - 0.00	122.05 - 0.00

Fc= F calculada, Fa= F de referencia

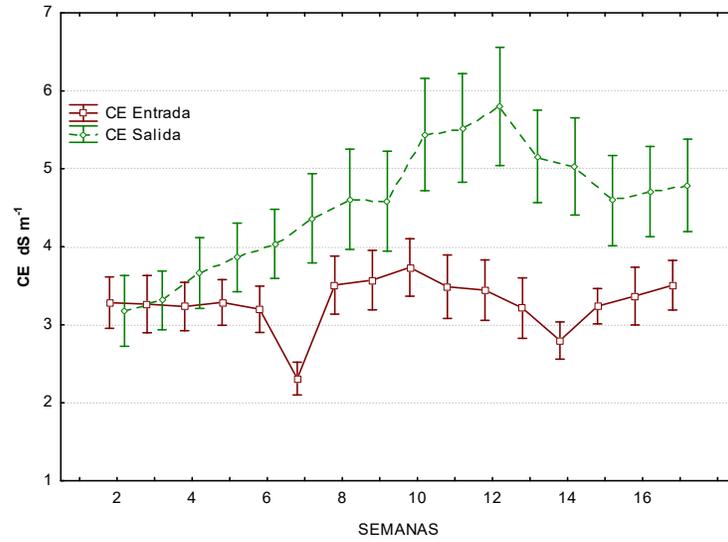


Figura 8.- Tendencia del comportamiento de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva en la entrada y salida del drenaje a lo largo del ciclo de producción de semilla de pimiento.

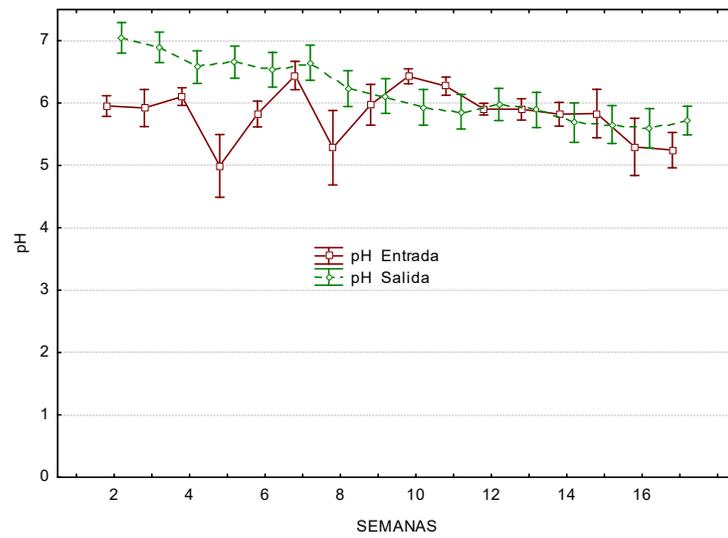


Figura 9.- Tendencia del comportamiento del pH de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje a lo largo del ciclo de producción de semilla de pimiento.

Nitratos (NO_3^-) y Potasio (K^+).

La concentración de nitratos y potasio de la disolución drenada aumento de manera similar para ambos iones (Cuadro 12). La absorción más alta fue a conductividades eléctricas altas para ambos iones (Cuadro 12). Al observar la dinámica de la absorción a través del tiempo, se observa que los nitratos se absorben en cantidad diferente de acuerdo a la etapa del cultivo, siendo la mayor absorción durante la semana 5 y posteriormente disminuye (figura 10). La absorción de potasio también fue variable y no mostro un comportamiento normal siendo la mayor absorción durante la semana 7 (figura 11).

Cuadro 12.- Comportamiento de aniones y cationes de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje aplicada en el cultivo de pimiento a lo largo del ciclo de producción.

CE de la Disolución (dS m^{-1})	Concentración de NO_3 , K en Disolución Nutritiva					
	NO_3^- Entrada	NO_3^- Salida	NO_3^- Absorbido	K^+ Entrada	K^+ Salida	K^+ Absorbido
2.2	13.37±4.94	16.47±5.82	9.16±9.01	17.97±9.81	19.51±11.72	11.86±9.21
3.5	19.39±5.59	25.91±7.89	11.79±10.89	26.04±10.91	32.05±15.86	15.52±10.58
4.5	25.88±7.51	33.94±9.66	15.44±13.86	36.13±15.75	44.86±19.25	21.05±19.76
Media general	19.55±7.96	25.44±10.67	12.13±11.69	26.71±14.46	32.14±18.95	16.14±14.46
Fc-Fα P<0.05	150.39-0.00	174.18-0.00	10.96-0.00	77.13-0.00	91.36-0.00	15.73-0.00

$F_c = F$ calculada, $F_\alpha = F$ de referencia, $N = 432 =$ Numero de datos de la muestra, $\text{NO}_3^- =$ Nitratos en mmol, $\text{K}^+ =$ Potasio en mmol.

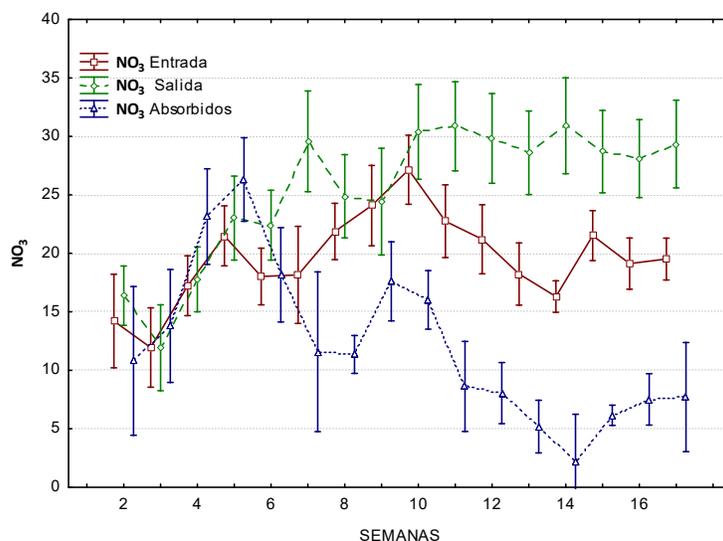


Figura 10.- Tendencia del comportamiento de los Nitratos (NO_3^-) de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje, así como la absorción de los mismos a lo largo del ciclo de producción de semilla de pimiento.

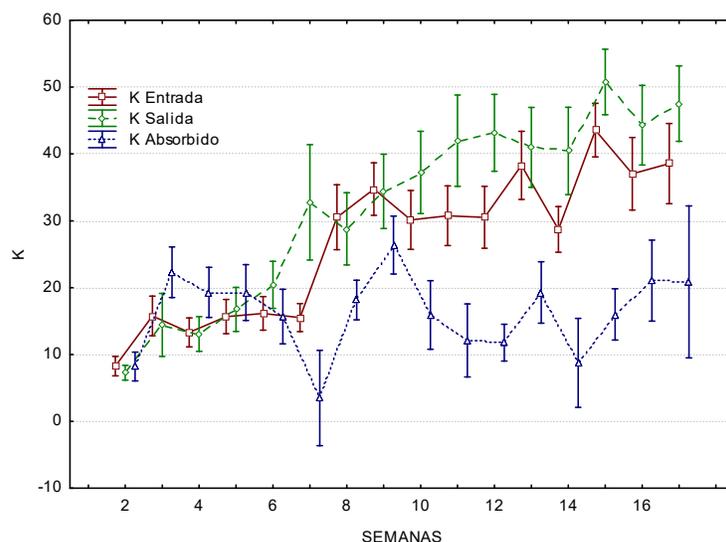


Figura 11.- Tendencia del comportamiento del ion potasio (K^+) de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje, así como la absorción del mismo a lo largo del ciclo de producción de semilla de pimiento

Volumen de la disolución nutritiva.

La absorción de la disolución en pimiento no fue afectada por la conductividad eléctrica de la disolución nutritiva. (Cuadro 13). La dinámica de absorción del agua fue diferente a través del transcurso del cultivo. Las mayores tasas se obtuvieron durante las primeras 4 semanas y posteriormente disminuyó (Figura 12).

Cuadro 13.- Comportamiento del volumen de la disolución nutritiva aplicada en el cultivo de pimiento a lo largo del ciclo de producción.

CE de la Disolución (dS m ⁻¹)	Volumen en Litros de la Solución Nutritiva		
	Entrada	Salida	Absorbido
2.2	4.15 ± 1.90	1.71 ± 1.12	2.43 ± 1.36
3.5	4.15 ± 1.90	1.70 ± 1.11	2.44 ± 1.42
4.5	4.15 ± 1.90	1.76 ± 1.14	2.38 ± 1.31
Media general	4.15 ± 1.90	1.12 ± 1.12	2.42 ± 1.36
Fc-Fα P≤0.05	0.00 -1.00	0.098 – 0.09	0.067-0.93

Fc= F calculada, Fa= F de referencia

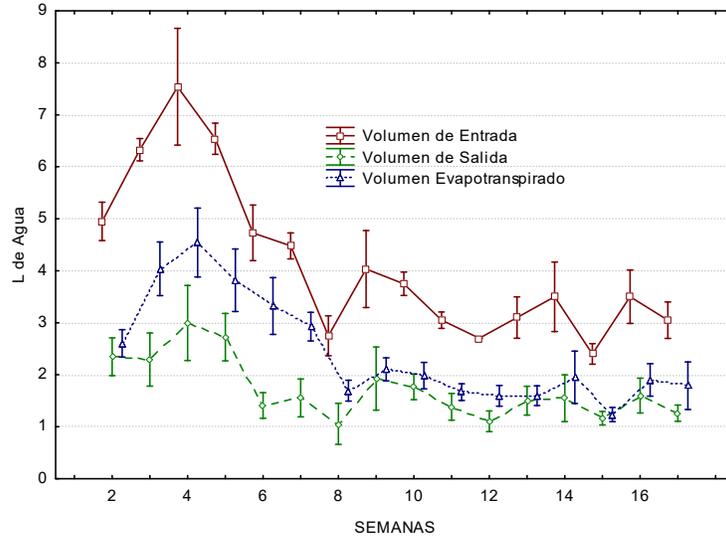


Figura 12.- Tendencia del comportamiento del volumen de la disolución nutritiva en la entrada y salida del drenaje así como la absorción de la misma a lo largo del ciclo de producción de semilla de pimiento

Rendimiento y Calidad

El rendimiento y la calidad de los frutos de pimiento no fueron afectados por la conductividad eléctrica de la disolución nutritiva (Cuadro 14 y 15).

Cuadro 14.- Rendimiento y calidad física de pimiento por m², producido a diferentes valores de conductividad eléctrica en la disolución nutritiva.

CE de la Disolución (dS m ⁻¹)	kg. m ²	Frutos. m ²	PP Fruto (g)
2.2	6.37 ± 0.06	31.11 ± 1.68	205.35 ± 13.47
3.5	6.19 ± 0.37	32.84 ± 4.83	192.80 ± 43.06
4.5	6.35 ± 0.47	30.49 ± 3.23	210.92 ± 35.60
Media general	6.30 ± 0.3	31.48 ± 3.20	203.02 ± 29.84
Fc-Fα P<0.05	0.24 - 0.79	0.36 - 0.70	0.23 - 0.79

Fc= F calculada, Fα= F de referencia, PP Fruto= Peso Promedio de Fruto

Cuadro 15.- Porcentaje de calidades comerciales del fruto de pimiento por m², producido a diferentes valores de conductividad eléctrica de la disolución nutritiva.

CE de la Disolución (dS m ⁻¹)	Porcentaje de Calidades Comerciales del Fruto				
	>102 mm	102-82 mm	82-67 mm	67-57 mm	57-47 mm
2.2	6.36 ± 4.69	44.30 ± 3.15	35.87 ± 2.17	8.24 ± 4.17	5.20 ± 2.07
3.5	7.69 ± 4.78	36.44 ± 1.18	38.23 ± 2.07	14.09 ± 5.25	5.90 ± 3.92
4.5	6.61 ± 3.56	40.44 ± 11.80	36.74 ± 7.00	6.92 ± 4.67	7.98 ± 3.78
Media general	6.89 ± 4.53	40.39 ± 7.01	36.94 ± 3.94	9.75 ± 5.25	6.36 ± 3.17
Fc-Fα P≤0.05	0.05 - 0.94	0.92 - 0.44	0.22 - 0.80	1.95 - 0.22	0.54 - 0.60

Calidades, corresponde al diámetro ecuatorial del fruto, GGG=>102 mm, GG=108-82 mm, G=82-67 mm, M= 67-57 mm, MM=57-47 mm, Fc= F calculada, Fα= F de referencia

Calidad Físico-química del Fruto

El contenido de sólidos totales o ° Brix y el porcentaje de materia seca, se vio afectado por la conductividad eléctrica de la disolución nutritiva, mientras que la Firmeza, pH y CE del fruto no se vieron afectados (Cuadro 16). El contenido de sólidos totales y la acumulación de materia seca se incrementan al aumentar la CE de la solución nutritiva.

Cuadro 16.- Calidad físico química del fruto de pimiento, producido a diferentes valores de conductividad eléctrica en la disolución nutritiva.

CE de la Disolución (dS m ⁻¹)	Calidad Físico-Química del Fruto				
	Firmeza	°Brix	pH	CE	% MS
2.2	5.08 ± 0.34	4.93 ± 0.03	4.77 ± 0.04	4.77 ± 0.39	7.07 ± 0.02
3.5	5.24 ± 0.42	5.18 ± 0.03	4.79 ± 0.03	4.57 ± 0.25	7.67 ± 0.56
4.5	4.89 ± 0.24	5.26 ± 0.29	4.78 ± 0.03	4.54 ± 0.51	9.40 ± 0.31
Media general	5.07 ± 0.33	5.12 ± 0.21	4.78 ± 0.03	4.63 ± 0.36	8.05 ± 1.27
Fc-Fα P≤0.05	0.76 - 0.50	2.95 - 0.12	0.30 - 0.73	0.30 - 0.74	6.49 - 0.03

°Brix= sólidos solubles, pH= potencial de hidrogeno, CE= conductividad eléctrica, %MS= porcentaje de materia seca, Fc= F calculada, Fα= F de referencia

Productividad de Semilla de pimientó

La productividad de la semilla de pimientó, no se vio afectada por la conductividad eléctrica de la disolución nutritiva empleada para su producción (Cuadro 17). Al observar la tendencia se observa una dinámica de producción distinta las mayores tasas de producción se obtienen en el corte 3 y 5 (Figura 13).

Cuadro 17.- Productividad de semilla de pimientó, producido a diferentes valores de conductividad eléctrica en la disolución nutritiva.

CE de la Disolución (dS m ⁻¹)	Productividad de la Semilla			
	Semillas/Fruto	Semillas/ m ²	% Sanas/m ²	% Dañadas/m ²
2.2	196.81 ± 33.08	6042.91 ± 1440.50	92.93 ± 1.74	7.06 ± 1.74
3.5	182.04 ± 26.73	5985.05 ± 1014.13	93.88 ± 0.27	6.11 ± 0.27
4.5	204.65 ± 14.11	6342.21 ± 571.43	94.69 ± 0.53	5.30 ± 0.53
Media general	194.50 ± 24.51	940.78 ± 6123.39	93.83 ± 1.19	6.16 ± 1.19
Fc-Fa P≤0.05	0.59 – 0.58	0.09 – 0.90	2.04 – 0.21	2.04 – 0.21

Fc= F calculada, Fa= F de referencia

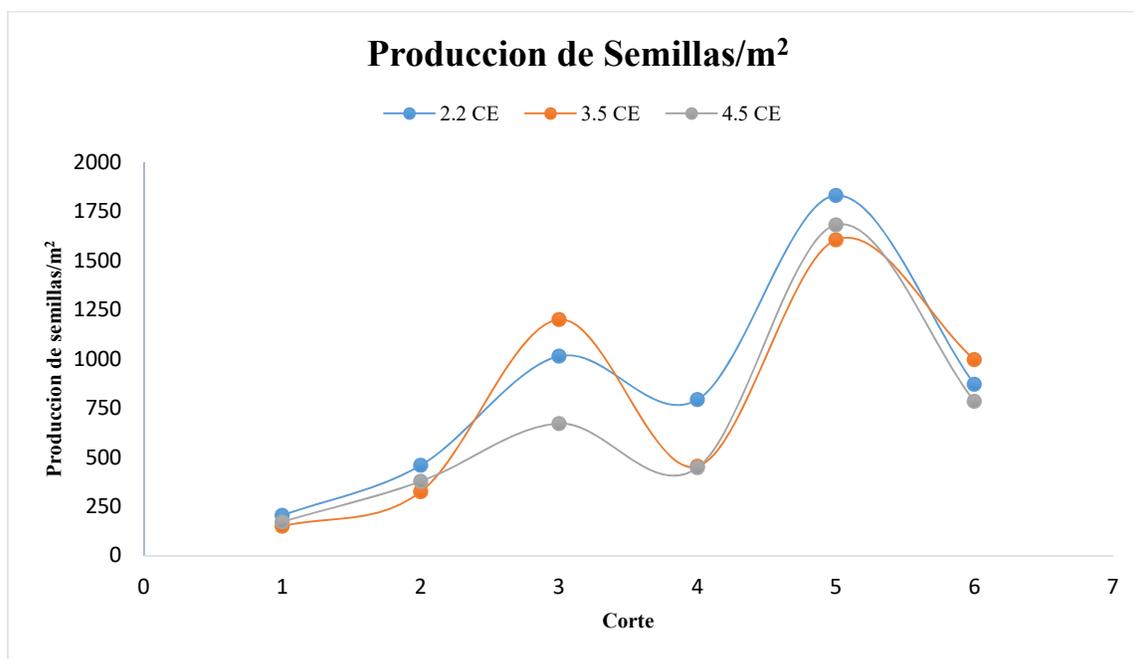


Figura 13.- Tendencia de la semilla por m² a lo largo del ciclo de producción de pimientó con tres diferentes Conductividades Eléctricas de la Solución Nutritiva.

Germinación

La germinación de la semilla de pimiento tipo lamuyo no se ve afectada por la conductividad eléctrica de la disolución nutritiva empleada para su producción (Cuadro 18). La germinación de la semilla de pimiento alcanza su máxima germinación a las 216 horas (Figura 14).

Cuadro 18.- Media y desviación estándar del porcentaje de germinación de las semillas de Pimiento a las 216 horas producidas a diferentes concentraciones de la conductividad eléctrica de la disolución nutritiva.

CE de Disolución Nutritiva (dS m ⁻¹)	Semilla de Pimiento	
	Germinada	No Germinada
2.2	98.11 ± 1.05	1.88 ± 1.05
3.5	98.55 ± 1.13	1.44 ± 1.13
4.5	98.55 ± 0.72	1.44 ± 0.72
Media general	98.40 ± 0.9710	1.59 ± 0.97
Fc-Fa P≤0.05	0.6 – 0.55	0.60 – 0.5518

Fc= F calculada, Fa= F de referencia

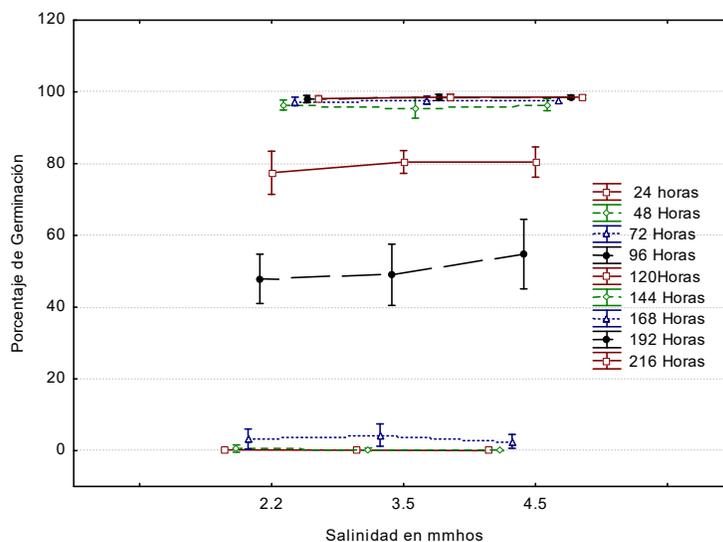


Figura 14.- Comportamiento de la germinación de la semilla de pimiento, producida en tres diferentes conductividades eléctricas de la disolución nutritiva.

DISCUSION

Disolución Nutritiva

Conductividad Eléctrica CE y pH

La conductividad Eléctrica CE de la solución nutritiva aumentó, como consecuencia del incremento de la concentración de iones NO_3 , K y otros iones presentes que no fueron evaluados. La concentración de los iones a su vez se debió a la reducción del volumen de agua, resultado de la transpiración del cultivo y la evaporación del sustrato. Lo anterior se debe a que en suelo y sustratos, la CE es determinada por los contenidos de agua y iones de los fertilizantes; un alto contenido de agua diluye los iones presentes en las sales fertilizantes y resulta en una baja de CE, a medida que el sustrato comienza a secarse, la CE aumenta, lentamente al inicio, pero se incrementa rápidamente cuando el sustrato se seca (Voogt y Sonneveld, 1997).

Así mismo el incremento de la CE, puede estar en función del diferencial en las tasas de absorción de agua y de iones por las raíces, porque, es bien conocida la flexibilidad de las raíces en la absorción diferencial entre sus partes; ya que las raíces son capaces de tomar agua por un lado y los nutrientes por otro (Sonneveld y Voogt, 1990)

El pH en general aumentó, debido en parte al aumento de OH^- , procedente del KOH, que se utilizó como fertilizantes potásico. Dado que en términos prácticos el pH, es una relación relativa entre protones libres de H^+ y OH^- (Arnold y Johnson 1942)

Volumen de la disolución nutritiva.

El valor de absorción presentado en los resultados, es la suma del agua absorbida por la planta más el volumen de agua evaporado del sustrato. El resultado que se presenta, es la diferencia del volumen aplicado menos el volumen drenado. Ahora bien al estar las macetas bajo la misma condición, la evaporación debió haber sido similar, por lo tanto la diferencia de volumen si puede ser relacionada

solamente a la absorción. La absorción es inversamente proporcional a la CE de la disolución, es decir la absorción disminuyó conforme se incrementó la salinidad. Este comportamiento posiblemente se debió a que al aumentar el potencial osmótico de la solución se reduce la absorción de agua por la planta. Esto también puede estar relacionado a que en la mayoría de los cultivos sin suelo o en sustratos, las raíces están confinadas en contenedores cerrados con escasa superficie de contacto con el aire que los rodea, se obtiene entonces que la evaporación directa con respecto a la transpiración es mayor en un 30 % más en el momento del trasplante, y el valor máximo que decrece lineal y rápidamente con el desarrollo de las plantas (Fourcard 1997).

Nitratos (NO_3^-) y Potasio (K^+).

El incremento en la concentración de nitratos y potasio en la disolución drenada, estuvo en función de la reducción en la cantidad de agua ocasionada por la evapotranspiración. Al observar que no hubo diferencia en la absorción de NO_3^- y K^+ , aun y cuando las concentraciones de las disoluciones fueron diferentes, indica que la absorción de los nutrientes no necesariamente está condicionada por la concentración de los mismos para el caso del tomate. Sin embargo, para el caso de pimiento, la absorción fue mayor cuando la concentración aumentó, para el caso de chile puede indicar que este cultivo requiere mayores concentraciones de nutrientes en la disolución nutritiva. Estos comportamientos, confirman la teoría de que las plantas tienen diferentes mecanismos de absorción diferencial en sus raíces (Sonneveld y Voogt, 1990)

El manejo de los nutrientes busca maximizar la productividad del cultivo y con minimizar los impactos ambientales. Las prácticas de manejo de nutrientes balanceadas y reguladas en el tiempo posibilitan alcanzar alto rendimiento y calidad, además de mejorar el estado de las plantas y reducen los riesgos ambientales (Hellal y Abdelhamid, 2013).

Rendimiento y Calidad de Fruto

La productividad y calidad de los frutos de tomate fue mayor cuando se produjeron con disoluciones nutritivas con baja conductividad eléctrica, los frutos disminuyen su tamaño a medida que la concentración de la conductividad eléctrica aumenta. No se observó efecto de la CE eléctrica sobre el número de frutos, pero estos no se desarrollaron por lo tanto no hubo acumulación de peso. Esto se debe a que todos los órganos de la parte aérea de las plantas de tomates se alteran con el incremento de la salinidad. Los tallos alcanzan menor altura, las hojas disminuyen en número, el área foliar igualmente se reduce y en los frutos se registra un menor número y peso (Vitelio Goykovic y G-Saavedra 2007), a diferencia del cultivo de tomate el cultivo de pimiento mostro las mayores tasas de producción a mayor concentración de conductividad eléctrica, posiblemente debido a que este cultivo es más tolerante a la salinidad o bien pudo estar relacionado a las altas concentraciones de K^+ utilizadas en el fertirriego (Figura 11), esto puesto a que el potasio mejora el cuaje, formación y desarrollo de los frutos, adelanta la madurez de los mismos y les confiere mayor sabor (Serrano, 1996).

Calidad Fisico-Quimica

El aumento en el contenido de sólidos totales y acumulación de materia seca en el fruto, promovidos por el incremento en la CE, fue similar a lo reportado en la literatura, donde se muestra que al regar las plantas con aguas salinas la calidad de los frutos mejora, éstos presentan un mayor contenido de sólidos solubles (Del Amor *et al.*, 2001; Fernández-García *et al.*, 2004; Serio *et al.*, 2004; Satti-SME y López, 1994), sólidos totales, acidez total (Guichard *et al.*, 2001), carotenoides y licopeno (Maggio *et al.*, 2001). Estudios sobre la respuesta de las plantas al estrés osmótico (Nichols-MA *et al.*, 1995) muestran que a mayores niveles de estrés se mejora la calidad química y nutricional de los frutos.

Productividad de Semilla

La productividad de la semilla se vio afectada por CE de la disolución nutritiva, para el cultivo de tomate el incremento de la salinidad disminuye la productividad de semillas de manera considerable a media que la salinidad se reduce la producción de semillas va en incremento, para el cultivo de pimiento mostro efecto inverso. La producción de semillas está en función de la fecundación del ovulo y la fecundación está influenciada en parte por la hidratación del estigma, la hidratación del estigma a su vez depende del nivel de hidratación de la planta y la temperatura y humedad relativa del ambiente. Al aumentar la CE de la solución nutritiva se reduce la absorción de agua por la planta y por lo tanto la hidratación de la planta y en particular los estigmas, esta falta de hidratación aunado a una alta temperatura y baja humedad en el ambiente, se traduce en una baja o poco tiempo de hidratación de los estigmas y en suma una baja receptividad del polen y por lo tanto poca fecundación de las semillas. A sí mismo el suministro de nutrientes durante el desarrollo del cultivo, afectan negativamente el vigor y el tamaño de la planta (Xu *et al.*, 2001). Entonces, el manejo nutricional de la planta madre no solamente afecta el rendimiento total de semillas, sino que también la calidad de las mismas (Xu *et al.*, 2002). El incremento en la cantidad de semillas conforme avanza el cultivo, en buena medida se debe al aumento en la humedad relativa y descenso de la temperatura generada por la transpiración de las plantas, aunado a la reducción de la temperatura por el avance de la estación del año.

Germinación

La germinación de la semilla no se ve afectada por la conductividad eléctrica de la disolución nutritiva empleada para su producción. La semilla de tomate en promedio presentó tasas de germinación de 85.92% utilizando como solución para germinación agua destilada. Este valor es bajo, puesto que para certificar semillas, se debe garantizar un porcentaje de germinación de 98% (ISTA, 2009). Por otro lado la germinación de semilla de pimiento tampoco se vio influenciada por la conductividad eléctrica de la disolución nutritiva empleada para su producción. Sin embargo, mostro una tasa de germinación de 98.40% utilizando

agua destilada como solución para la germinación. Este valor pudiera ser adecuado puesto que para la certificación de semillas se debe garantizar un porcentaje de germinación de 98% (ISTA, 2009). Está documentado que la CE afecta la germinación (Goykovic y Saavedra, 2007), sin embargo, este efecto no se observó, porque, para esta prueba se utilizó agua desionizada.

CONCLUSIONES

La conductividad eléctrica en valores de 2.2 a 4.5 dS/m de la disolución nutritiva utilizada para la producción, disminuye la producción y calidad de semillas de tomate, y la aumenta en el caso de pimiento

LITERATURA CITADA

Abad, M.; Noguera, P.; Noguera, V.; Roig, A.; Cegarra, J.; Paredes, C. (1997). *Reciclado de residuos orgánicos y su aprovechamiento como sustratos de cultivo*. Actas de horticultura, 19:92-109.

Abad, M. (1991). *Los sustratos hortícolas y las técnicas de cultivo sin suelo*. En: La Horticultura Española en la C.E. Eds. L. Rallo y F. Nuez. Ediciones de Horticultura, S. L., Reus, pp. 270-280.

Abad, M.; Noguera, P., y Noguera, V. (1996). *Turbas para semilleros*. En: II Jornadas sobre Semillas y Semilleros Hortícola. Congresos y Jornada, 35/96. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca, Sevilla, pp. 79-101.

Akbudak, N. y Bolkan, H. 2010. *Diagnostic method for predicting tomato seedling emergence*. Journal of food agriculture & environment, 8: 170-174.

Adams, P.; Graves, C.J.; Winsor, G.W. (1978). *Tomato yields in relation to the nitrogen, potassium and magnesium status of the plants and of the peat substrate*. Pl. Soil, 49: 137-148.

Adams, P. (1991). *Effects of increasing the salinity of the nutrient solution with major nutrient or sodium chloride on the yield, quality and composition of tomatoes grown in rockwool*. J. Hort. Sci. 66:201-207.

Adams, P., 2004. *Aspectos de la nutrición mineral en cultivos sin suelo en relación al suelo*. pp. 81-111. En: Tratado de Cultivos sin suelo. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Aloni, B., Peet, M., Phart, M. y Karni, L. 2001. *The effect of high temperature and high atmospheric CO₂ on carbohydrate change in bell pepper (Capsicum annuum) pollen in relation to its germination*. Physiol. Plant. 112: 505-512.

AOSA. 1983. Asociación de Analistas Oficiales de Semillas. *Seed Vigor Testing Handbook*. S.I. The Association, 88 p.

- Aristizábal, M., y Álvarez, L. 2006. *Efectos del deterioro de la semilla sobre el vigor, crecimiento y producción del maíz (Zea mays)*. Agron. 14(1): 17–24.
- Arnold, D.I.; Johnson, C.M. (1942). *Influence of hydrogen ion concentration on the growth of higher plants under controlled conditions*. PI. Physiol., 17:525-539.
- Benoit, F. y Ceustermans, N. (1990) *Estudios sobre puerros belgas*. Gemtie 2, 7 y 72
- Cadahia, C. (1998). *Fertilización en riegos por goteo de cultivos hortícolas*. Ed. Ert.
- Cakmak, I. 2005. *The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants*. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 168(4): 521–530.
- Catusse, J., Strub, J., Job, C., Van Dorsselaer A. y Job, D. 2008. *Proteome-wide characterization of sugar beet seed vigor and its tissue specific expression*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 105: 10262-10267.
- CEDRSSA (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria). 2007. *Producción, comercio y certificación de semillas México*. DESANR / IN / 002 / 2007.
- Corbineau, F. 2012. *Markers of seed quality: from present to future*. Seed Science Research, 22 S.1: S61-S68.
- Cuartero, J. y Fernandez-Munoz, R. 1999. *Tomato and salinity*. Sci. Horticulture, 78: 83–125.
- DEL AMOR, F. M.; MARTÍNEZ, V.; CERDA, A.2001. *Salt tolerance of tomato plants as affected by stage of plant development*. HortScience. 36 (7):1260-1263.
- Ding, G., Shi, L. y Zhao, H. 2013. *Genetic analysis of seed mineral accumulation affected by phosphorus deprivation in Brassica napus*. Euphytica, 193(2): 251–264.
- Embaby, H. y Mokhtar, S. 2011. *Chemical Composition and Nutritive Value of Lantana and Sweet Pepper Seeds and Nabak Seed Kernels*. Journal of Food Science, 76(5).

Erickson, A y Markhart, A. 2002. *Flower developmental stage and organ sensitivity of bell pepper (Capsicum annuum L.) to elevated temperature*. Plant Cell Envir. 25:123-130.

EL-HABBASHA-KM; SHAHEEN-AM; RIZK-FA. 1996. *Germination of some tomato cultivars as affected by salinity stress condition*. Egyptian-Journal-of-Horticulture. 23 (2): 179-190.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO. 2010.

FAO (1990). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. *Soiless Culture for Horticultural Crop Production*. FAO Plant Production and Protection Paper, n.º 101. FAO, Rome, 188 pp.

Ferguson, J. 1995. *An introduction to seed vigour testing*. In: *Seed vigour testing seminar, Copenhagen*. [Proceedings...] Zurich: International Seed Testing Association, 1995. p. 1-9.

FERNÁNDEZ-GARCÍA, N.; MARTÍNEZ, V.; CERDA, A.; CARVAJAL, M.2004. *Fruit quality of grafted tomato plants grown under saline conditions*. Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 79 (6): 995-1001.

Fourcard, J.C., 1997. *Viveros. De la producción a la plantación*. Ediciones Mundi-Prensa. 439 pp.

Hacisalihoglu, G. y White, J. 2010. *Determination of vigor differences in pepper seeds by using radicle area test*. Acta Agricultura e Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science, 60: 335-340.

Hellal, F. y Abdelhamid, M.2013. *Prácticas de gestión de nutrientes para mejoramiento en la producción de soja (Glycinemax L.)*. Acta Biológica Colombiana, 18(2), 239–250.

ISTA. 1995. *Handbook of Vigour Test Methods*. 3rd.ed. Zurich, ISTA, 119 p.

ISTA. 2003. *International Rules for Seed Testing*. Zurich: ISTA.

- ISTA. 2004. *International Rules for Seed Testing*. Zurich: ISTA, 333 p.
- ISTA. 2009. *International Rules for Seed Testing*. Zurich: ISTA.
- Khah, E. y Passam, H. 1992. *Flowering, fruit set and development of the fruit and seed of sweet pepper (Capsicum annuum L.) cultivated under conditions of high ambient temperature*. J. Hort. Sci. 67: 251-258.
- Massa, D., L. Incrocci., R. Maggini., G. Garmassi., C.A. Campiotti, y A. Pardossi. 2010, *Strategies to decrease water drainage and nitrate emission from soilless cultures of greenhouse tomato*. Agr. Water Manage. 97:971-980.
- MAGGIO, A.; FOGLIANO, V.; AMBROSINO, P.; RITIENI, A.; DE PASCALE, S. 2001. *Irrigation with saline water improves carotenoids content and antioxidant activity of tomato*. Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 76 (4): 447-453.
- Marrush, M., Yamaguchi, M. y Saltveit, M. 1998. *Effect of Potassium Nutrition during Bell Pepper Seed Development on Vivipary and Endogenous Levels of Abscisic Acid (ABA)*. Journal Amer. Soc. Hort. Sci., 123(5): 925-930.
- Matthews, S., Noli, E., Demir, I., Khajeh-Hosseini, M. y Wagner, M. 2012. *Evaluation of seed quality: from physiology to international standardization*. Seed Science Research, 22 S1: S69-S73.
- Milošević, M., Vujaković, M. y Karagić, D. 2010. *Vigour Tests as Indicators of Seed Viability*. Genetika, 42: 103-118.
- NICHOLS-MA; FADALLAN-EF; FISHER-KJ; MORGANLM; GERASOPOULOS-D (ED.); OLYMPIOS-CH (ED.); PASSAM-H. 1995. *The effect of osmotic stress on the yield and quality of tomatoes*. Acta-Horticulturae. 379: 105-111.
- NUEZ FERNANDO. 2001. *El cultivo del tomate*. Ed. Mundi- Prensa. 793 p.
- ODEPA. 2012. Oficina de estudios y políticas agrarias. *Semillas: el cierre de las exportaciones 2011 y la temporada 2011/12*. Chile. 9p.

- Pagamas, P. y Nawata, E. 2007. *Effect of High Temperature during the Seed Development on Quality and Chemical Composition of Chili Pepper Seeds*. Jpn. J. Trop. Agr., 51(1): 22–29.
- Pagamas, P. y Nawata, E. 2008. *Sensitive stages of fruit and seed development of chili pepper (Capsicum annuum L. var. Shishito) exposed to high-temperature stress*. E. Scientia Horticulturae.117 (1): 21-25.
- Rajjou, L., Duval, M., Gallardo, K., Catusse, J., Bally, J. y Job, C. 2012. *Seed Germination and Vigor*. Annu. Rev. Plant Biol., 63: 507-533.
- Salinas, A., Yoldjian, A., Craviotto, R., y Bisaro, V. 2001. *Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja*. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, 36(2): 371–379.
- SALAS, S. M. C.; URRESTARAZU, G. M. 2004. *Métodos de riego y fertirrigación en el cultivo sin suelo*, pp. 161 – 237. In: Tratado de cultivo sin suelo. Urrestarazu G. M. (Ed.). Tercera Edición. Mundi – Prensa.
- SATTI-SME; LÓPEZ, M; Y FAHAD, A. AL-SAID. 1994. *Salinity induced changes in vegetative and reproductive growth in tomato*. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 25 (5-6): 501-510.
- SERIO, FRANCESCO; DE GARA, LAURA; CARETTO, SOFÍA; LEO LUCÍA; SANTAMARÍA, PIETRO.2004. *Influence of an increased NaCl concentration on yield and quality of cherry tomato grown in posidona (Posidoniaoceanica (L) Delile)*. 14: 1885-1890.
- Serrano, Z. 1996. *Veinte cultivos de hortalizas en invernadero*. Ed. Zoilo Serrano, C. Sevilla. 433-487.
- SINGER-SM. 1994. *Germination responses of some tomato genotypes as affected by salinity and temperature stress*. Egyptian-Journal-of-Horticulture. 21 (1): 47-64.
- Sonneveld, C.; Van der Burg, A.M.M. (1991). *Sodium chloride salinity in fruit vegetable crops in soilless culture*. Neth. J. Agric. Sci., 39:115-122.

Sonneveld, C.; Straver, N. (1994). *Nutrient solutions for vegetables and flower grow in water o substrates*. 10^a ed. Proefstation voortuin bouwonder glaste Naaldiwijk. n. ° 8. 45 págs.

Sonneveld, C. (1980). *Growing cucumbers and tomatoes in Rockwool*. Proceedings Fifth international congress on soilless culture. Wageningen, pp. 253-262.

Sonneveld, C., Voogt, S.J., 1990. *Response of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) to an unequal distribution of nutrients in the root environment*. *Plant and Soil* 124, pp. 251-256.

Sonneveld, C. (2000). *Effects of salinity on substrate grown vegetables and ornamentals in greenhouse horticulture*. Thesis, University of Wageningen, 22 March, 2000.

Steiner, A, A. (1961). *A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition*. *Plant and Soils* 2:134-155.

Urrestarazu, M., 2004. *Tratado de cultivos sin suelo*. 3^a Ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. Pags. 914.

Urrestarazu, M.; Salas, MC. 2004. *Sistemas con sustratos y recirculación de la disolución nutritiva*. En tratado de cultivos sin suelo. Ed. Mundi-Prensa-Madrid. Pp. 369-420.

Urrestarazu, M., Mazuela, P.C. 2005. *Effect of slow-release oxygen supply by fertigation on horticultural crops under soilless culture*. *Scientia Horticulturae*, 106, pp. 484-490.

Urrestarazu, M., Mazuela, P.C., Martínez, G.A., 2008. *Effect of Substrate Reutilization on Yield and Properties of Melon and Tomato Crops*. *Journal of Plant Nutrition* 31, pp. 2031-2043.

Veiga, E., Pinho, E., Veiga, A., Pereira, P., Oliveira, K., y Pinho, R. 2010. *Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e atividade enzimática de sementes de soja*. *Ciência E Agrotecnologia*, 34(4): 953–960.

Vitelio Goykovic Cortes, Gabriel Saavedra del Real. 2007. *Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y practicas agronómicas de su manejo*, IDESIA (chile), volumen 25 N° 3: 47-58.

Voogt, W. (1994). *EDDHA bij hoge pH: meer Fe opgenomen en minder Mn*. *Vakblad voor de bloemisterij*, 1 (49):28-29.

Voogt, W.; Sonneveld, C. (1997). *Nutrient management in closed systems for greenhouse production*. *Plant Production in Closed System*, Eds. Goto et al. Kluwer Academic Publishers. Pp. 83-102.

Waraich, E., Ahmad, R., Halim, A. y Aziz, T. 2012. *Alleviation of temperature stress by nutrient management in crop plants: a review*. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(2): 221-244.

Xu, G., Kafkafi, U., Wolf, S. y Sugimoto, Y. 2002. *Mother plant nutrition and growing condition affect amino and fatty acid compositions of hybrid sweet pepper seeds*. *Journal of Plant Nutrition*, 25(8): 1645-1665.

Xu, G., Wolf, S. y Kafkafi, U. 2001. *Interactive effect of nutrient concentration and container volume on flowering, fruiting, and nutrient uptake of sweet pepper*. *Journal of plant nutrition*, 24(3), 479–501.

Xu, G., y Kafkafi, U. 2003. *Seasonal differences in mineral content, distribution and leakage of sweet pepper seeds*. *Ann. Appl. Biol.*, 143:45-52.