



Proyecto de Cooperación Técnica-TCP/KOPI
Desarrollo de Tecnologías para la Gestión Sostenible de la Fertirrigación y
Diagnóstico de Enfermedades en los Cultivos de Hortalizas de Exportación en el
Entorno de Efecto Invernadero en San Juan, República Dominicana.

Resultados de Investigación en Fertirriego

Martín Feliciano Frías

REPÚBLICA DOMINICANA
Julio, 2020

Proyecto de Cooperación Técnica-TCP/KOPI
Desarrollo de Tecnologías para la Gestión Sostenible de la Fertirrigación y
Diagnóstico de Enfermedades en los Cultivos de Hortalizas de Exportación en el
Entorno de Efecto Invernadero en San Juan, República Dominicana.

Resultados de investigación en Fertirriego

Martín Feliciano Frías

REPÚBLICA DOMINICANA
Julio, 2020

El material consignado en esta publicación puede ser reproducida por cualquier medio, siempre y cuando no se altere su contenido. El IDIAF agradece a los usuarios, incluir el crédito correspondiente en los documentos y actividades en los que se utilice.

La ejecución del Proyecto presentado en este documento recibió financiamiento de los fondos de KOPIA-RD.

Cita correcta:

Feliciano Frías, M. 2019. Desarrollo de tecnologías para la gestión sostenible de la fertirrigación y diagnóstico de enfermedades en los cultivos de hortalizas de exportación: resultados de investigación en fertirriego. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). Santo Domingo, República Dominicana, DO. 104 p.

AGRIS: F01; F04; F06

Descriptor: Cultivo de Hortalizas; Cebolla; Tomate; *Capsicum annuum*; Invernaderos; Cultivo Protegido; Tecnología; Fertirrigación; Abonos; Riego por Goteo; Contenido de Humedad; Precipitación; República Dominicana

ISBN: 978-9945-448-09-2

Edición: XXX

Coordinación General Publicación:
Ing. Martín Feliciano Frías
Departamento de Difusión IDIAF

Revisión: Comité Técnico del Centro Sur

Investigador
Ing. Martín Feliciano Frías

Instituciones Participantes
Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF)
Proyecto Coreano sobre Agricultura Internacional KOPIA-RD.

Maquetación y diseño: Gonzalo Morales

www.idiaf.gov.do

Julio 2020



Contenido

I. PRESENTACIÓN	8
II. RESUMEN EJECUTIVO	10
III. Introducción	12
IV. Objetivos	13
4.1. Objetivo General del Componente I	13
4.2. Propósitos u Objetivos Específicos	13
4.2.1. Generación de tecnologías para la fertirrigación adecuada bajo condiciones de ambiente protegido.	13
4.2.2. Generación de tecnologías para la fertirrigación adecuada de cultivos hortícolas en campo abierto.	13
V. INVESTIGACIONES REALIZADAS	14
5.1. Generación de tecnologías para la fertirrigación adecuada bajo condiciones de ambiente protegido	14
5.1.1. Evaluación del consumo de agua del cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>), bajo ambiente protegido, en el Valle de San Juan	14
5.1.2. Evaluación del consumo de agua del cultivo de ají <i>Capsicum annum</i> L., bajo ambiente protegido, en el Valle de San Juan	22
5.1.3. Evaluación de los niveles de nitrato y nitrito lixiviado en el agua drenada desde cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>), bajo ambiente protegido.	30
5.1.4. Evaluación de diferentes dosis de nitrógeno en el cultivo de tomate de mesa (<i>Solanum lycopersicum</i>)	38
5.1.5. Evaluación de diferentes dosis de potasio en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	48
5.2. Generación de tecnologías para la fertirrigación adecuada bajo condiciones de campo abierto	59
5.2.1. Efecto de diferentes frecuencias de riego por goteo en las tensiones de humedad en el suelo y la productividad del cultivo de ají (<i>Capsicum annum</i> L.) en el Valle de San Juan.	59
5.2.2. Efecto de la separación de laterales porta gotero en la productividad y rentabilidad del cultivo de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.) en el Valle de San Juan.	65
5.2.3. Evaluación de diferentes programas de fertirriego por goteo para el cultivo de ají (<i>Capsicum annum</i> L.).	72
VI. CAPACITACIÓN Y DIFUSIÓN	79
VII. BIBLIOGRAFIA	82
VIII. GLOSARIO DE TÉRMINOS	85

Índice de Tablas

- 18 Tabla 1. Informaciones climáticas del período del experimento, Evaluación del consumo de agua del cultivo de tomate IDIAF–KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2015.
- 18 Tabla 2. Prueba de T para comparar las variables conductividad eléctrica en el agua de drenaje y el agua de riego, registradas en el cultivo de tomate en ambiente protegido, San Juan de la Maguana 2015.
- 20 Tabla 3. Conductividad eléctrica y pH de soluciones nutritivas aplicadas, consumo de agua del cultivo de tomate, bajo ambiente protegido y evapotranspiración del entorno del área experimental, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2015.
- 26 Tabla 4. Prueba de T para comparar las variables conductividad eléctrica en el agua de drenaje y el agua de riego, registradas en el cultivo de ají en ambiente protegido, San Juan de la Maguana 2015.
- 26 Tabla 5. Conductividad eléctrica y pH de soluciones nutritivas aplicadas, consumo de agua del cultivo de ají bajo ambiente protegido y evapotranspiración del entorno del área experimental, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2015.
- 27 Tabla 6. Informaciones climáticas del período del experimento, Evaluación del consumo de agua del cultivo de ají, IDIAF–KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2015.
- 33 Tabla 7. Ingesta diaria de nitrato y nitrito admitida para seres humanos.
- 35 Tabla 8. pH, conductividad eléctrica (Ce), Contenido de nitrito y nitrato en las aguas drenadas, procedentes de siembra de tomate bajo casa de cultivo con sustrato de paja de arroz, IDIAF-KOPIA. Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R. D. 2015.
- 36 Tabla 9. Volúmenes de agua aplicados y drenados: experimento Evaluación de los niveles de nitrato y nitrito lixiviado en el agua de drenaje en el cultivo de tomate, IDIAF-KOPIA. Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R. D. 2015.
- 42 Tabla 10. Dosis de nitrógeno recomendada en el plan de fertirriego de PROMEFRIN para el cultivo de tomate, bajo condiciones de ambiente protegido, San Juan de la Maguana, 2017.
- 42 Tabla 11. Dosis de nitrógenos comparadas en el cultivo de tomate, bajo condiciones de ambiente protegido, San Juan de la Maguana, 2017.
- 43 Tabla 12. Características químicas del sustrato antes y después del experimento, Evaluación de diferentes dosis de nitrógeno en el cultivo de tomate de mesa, IDIAF-KOPIA, estación experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2016.

- 43 Tabla 12A. Características químicas del sustrato antes y después del experimento “Evaluación de diferentes dosis de nitrógeno en el cultivo de tomate de mesa, IDIAF-KOPIA, estación experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2016”.
- 44 Tabla 13. Conductividad eléctrica y pH del agua drenada de cada tratamiento del experimento, Evaluación de diferentes dosis de nitrógeno en el cultivo de tomate de mesa, IDIAF-KOPIA, estación experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2016.
- 46 Tabla 14. Componentes del rendimiento evaluados y rendimiento del cultivo en experimento, Evaluación de diferentes dosis de nitrógeno en el cultivo de tomate de mesa, IDIAF-KOPIA, estación experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2016.
- 53 Tabla 15. Dosis de potasio recomendada en el plan de fertirriego de PROMEFRIN para el cultivo de tomate.
- 53 Tabla 16. Dosis de potasio sometida a estudio de comparación, experimento evaluación de diferentes dosis de potasio en el cultivo de tomate, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2016.
- 55 Tabla 17. Características químicas del sustrato, antes y después de utilizado en el experimento Evaluación de diferentes dosis de potasio en el cultivo de tomate, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2016.
- 55 Tabla 17A. Características químicas del sustrato, antes y después de utilizado en el experimento evaluación de diferentes dosis de potasio para el cultivo de tomate, IDIAF-KOPIA, estación experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2016.
- 56 Tabla 18. Conductividad eléctrica del agua drenada desde cama de siembra en el experimento, evaluación de diferentes dosis de potasio para cultivo de tomate, IDIAF-KOPIA, estación experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2016.
- 57 Tabla 19. Componentes del rendimiento evaluados y rendimiento del cultivo de las diferentes dosis de potasio, IDIAF-KOPIA, estación experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2016.
- 62 Tabla 20. Tensiones de humedad en el suelo registradas en experimento, Efecto de diferentes frecuencias de riego por goteo en la tensiones de humedad en el suelo y la productividad del cultivo de ají, IDIAF – KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.
- 63 Tabla 21. Informaciones climáticas en el período del experimento, Efecto de diferentes frecuencias de riego por goteo en las tensiones de humedad en el suelo y la productividad del cultivo de ají, IDIAF – KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.
- 63 Tabla 22. Número de frutos cosechados en experimento, Efecto de diferentes frecuencias de riego por goteo en la tensiones de humedad en el suelo y la productividad del cultivo de ají, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.
- 63 Tabla 23. Peso de fruto (gr) cosechado en experimento, Efecto de diferentes frecuencias de riego por goteo en la tensiones de humedad en el suelo y la productividad del cultivo de ají, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.

- 64 Tabla 24. Rendimiento (kg/ha), IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.
- 69 Tabla 25. Perímetros de bulbos (cm), peso de bulbos (gr) y rendimiento (kg/ha) en experimento, Efecto de la separación de laterales porta gotero en la productividad y rentabilidad del cultivo de cebolla, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.
- 69 Tabla 26. Costo variable, beneficio neto y tasa marginal de retorno de diferentes separaciones de laterales de goteo en el cultivo de cebolla, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.
- 74 Tabla 27. Tratamientos
- 75 Tabla 28. Número de frutos cosechados (ud) en experimento, Evaluación de diferentes programas de fertirriego por goteo para el cultivo de ají, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.
- 75 Tabla 29. Peso de fruto (gr) en experimento, Evaluación de diferentes programas de fertirriego por goteo para el cultivo de ají, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.
- 76 Tabla 30. Rendimiento (kg/ha) experimento, Evaluación de diferentes programas de fertirriego por goteo para el cultivo de ají IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.
- 77 Tabla 31. Costos variables, beneficios netos y tasa marginal en experimento, Evaluación de diferentes programas de fertirriego por goteo para el cultivo de ají, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.

Índice de Figuras

- 19 Figura 1. Temperaturas °C, registradas durante el período del experimento, Evaluación del consumo de agua del cultivo de tomate IDIAF – KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2015.
- 19 Figura 2. Humedad relativa registrada durante el período del experimento, Evaluación del consumo de agua del cultivo de tomate, IDIAF – KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2015.
- 20 Figura 3. Consumo de agua del cultivo de tomate, bajo ambiente protegido, IDIAF–KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R. D. 2015.
- 27 Figura 4.- Consumo de agua del cultivo de ají), bajo ambiente protegido, IDIAF– KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2015.
- 28 Figura 5. Temperaturas °C, registradas durante el período del experimento, Evaluación del consumo de agua del cultivo de ají, IDIAF – KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2015.
- 28 Figura 6. Humedad relativa registradas durante el periodo del experimento, Evaluación del consumo de agua del cultivo de ají, IDIAF-KOPIA. Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R. D. 2015.

- 61 Figura 7. Experimento de Campo, Efecto de diferentes frecuencias de riego por goteo en la tensiones de humedad en el suelo y la productividad del cultivo de ají, IDIAF – KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.
- 68 Figura 8. Experimento de campo y bulbos cosechados en experimento, Efecto de la separación de laterales porta gotero en la productividad y rentabilidad del cultivo de cebolla, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.
- 70 Figura 9. Tasa marginal de retorno en experimento, Efecto de la separación de laterales porta gotero en la productividad y rentabilidad del cultivo de cebolla, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.
- 74 Figura 10. Desarrollo de la plantación y frutos cosecha en experimento, Evaluación de diferentes programas de fertirriego por goteo para el cultivo de ají, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.
- 77 Figura 11. Tasa marginal de retorno en experimento, Evaluación de diferentes programas de fertirriego por goteo para el cultivo de ají, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.
- 79 Figura 12. Reunión de trabajo en el Centro Sur-IDIAF.
- 79 Figura 13.- Vista de los participantes en seminario “Introducción de la Industria de Hortalizas de Korea y la Producción de Vegetales en Ambiente Protegido”.
- 80 Figura 14.-. Vista de la Comisión de Korea del Proyecto de Cooperación KOPIA.
- 80 Figura 15. Vista de las actividades desarrolladas en el día de campo.
- 81 Figura 16. Vista de ponencias realizadas en la presentación de avances del proyecto.
- 81 Figura 17. Vista de los participantes en entrenamiento e intercambio en Korea del Sur.



I. PRESENTACIÓN

El Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), inició sus operaciones a partir del año 2000. Se crea mediante la ley No. 289-85, del 14 de agosto de 1985, para establecer las políticas públicas de Investigaciones Agropecuarias y Forestales acordes con las políticas de desarrollo del país, con el fin de lograr armonía entre las necesidades de los sectores productivos, la protección de los recursos naturales y las posibilidades institucionales. Siguiendo la temática institucional presentamos el documento titulado: “Desarrollo de tecnologías para la gestión sostenible de la fertirrigación y diagnóstico de enfermedades en los cultivos de Hortalizas de Exportación bajo condiciones de ambiente protegido” con el objetivo de desarrollar tecnologías de gestión eficientes y aumentar la productividad de los cultivos de hortalizas de exportación, centrándose, las metas en dos aspectos importantes, como la nutrición de las plantas y la prevención de enfermedades.

De dicho proyecto se establecieron dos componentes: El primero con el propósito de desarrollar tecnologías eficientes de gestión de fertirriego y aumentar la productividad de los cultivos hortícolas ají morrón y tomate de mesa de exportación. El segundo componente se estableció para identificar y monitorear las principales enfermedades en los cultivos hortícolas para exportación utilizando métodos serológicos y microbiológicos y en base a esos resultados recomendar las prácticas de manejo bajo un esquema de buenas prácticas agrícolas.



Estos trabajos se establecieron con la finalidad de contribuir a una gestión sostenible de vegetales de exportación y optimizar las aplicaciones del agua de riego, y los fertilizantes en cultivos bajo ambiente protegido y su modificación para el manejo de fertilidad en los cultivos de ají y cebolla en campo abierto. La agricultura bajo esta modalidad requiere de manejo preciso de los factores que intervienen en el proceso productivo, entre ellos el agua de riego y los fertilizantes, siendo este último un factor primordial entre los componentes del costo de producción, y tanto el agua como los elementos nutritivos tienen alta incidencia en los niveles de producción, la calidad de la cosecha, la rentabilidad del proceso productivo y la contaminación de acuíferos. Los resultados de estas investigaciones, serán puestas a disposición de productores, técnicos extensionistas, investigadores, estudiantes del área y demás públicos interesados.

El IDIAF agradece sobremanera a KOPIA de Corea del Sur por sus aportes técnicos y financiero para el desarrollo de este proyecto el cual beneficia a todos los involucrados en la cadena de cultivos hortícolas para exportación bajo ambiente protegido.

*Ingeniero Rafael Pérez Duvergé
Director Ejecutivo Idiaf*



II. RESUMEN EJECUTIVO

En el marco del componente I del proyecto Desarrollo de Tecnologías para la Gestión Sostenible de la Fertirrigación y Diagnóstico de Enfermedades en los Cultivos de Hortalizas de Exportación bajo Condiciones de Ambiente Protegido en San Juan, República Dominicana, el cual se ejecutó mediante alianzas estratégicas entre el Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF) y la Corporación Técnica- TPC/KOPIA. Se tenía como objetivo la generación de tecnologías para la fertirrigación adecuada bajo condiciones de ambiente protegido en los cultivos de tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*) y ají morrón (*Capsicum annuum* L.). La modificación y cambio de actividades para el tercer año de ejecución permitieron introducir como objetivo generar, validar y transferir tecnologías que propicien el manejo adecuado de los cultivos hortícolas ají (*Capsicum annuum* L.) y cebolla (*Allium cepa* L.) con sistema de fertirriego a campo abierto. En ambiente protegido se evaluaron los requerimientos hídricos de los cultivos de tomate de mesa registrando consumo de agua que variaron entre 0.87 y 9.37 l/m²/día y ají morrón con consumo entre 0.76 y 4.14 l/m²/día. Diferentes dosis de nitrógeno en el cultivo de tomate, obteniendo resultados que variaron entre 49,925 y 65,627 kg/ha, registrando diferencias estadísticas significativas entre ellos. Al comparar diferentes dosis de potasio en el cultivo de tomate, los rendimientos oscilaron entre 46,822 y 58,944 kg/ha, sin reflejarse diferencia estadística para α de 0.05. En evaluaciones de los niveles de nitrito y nitrato en el agua drenada desde camas de cultivo de tomate de mesa se



determinó que los nitratos variaron entre 38.72 y 163.68 mg/litro y los nitritos entre 0.16 y 17.82 mg/litro. En campo abierto se realizaron los experimentos: evaluación del efecto de la separación de laterales porta gotero (0.40, 0.50, 0.60 y 0.70 metro) en la productividad y rentabilidad del cultivo de cebolla, obteniendo rendimientos que variaron entre 17,143 y 23,229 kg/ha, con mayor tasa marginal de retorno para la separación de laterales de 0.50 metro. Al evaluar el efecto de diferentes frecuencias de riego por goteo en la productividad y tensiones de humedad en el suelo para el cultivo de ají se registraron tensiones promedio entre 7.9 y 48.9 centibar y rendimientos entre 16,549 y 19,656 kg/ha sin encontrar diferencia estadística entre los rendimientos, para α de 0.05. Se realizó la comparación de cuatro programas de fertilización con riego por goteo para el cultivo de ají, obteniendo rendimientos entre 41,418 y 53,671 kg/ha, reportando el análisis estadístico diferencia significativa para α de 0.05, superando el programa de fertilización hidrosoluble recomendado por Transfer-agro, a las aplicaciones de fertilizantes granulados. Para las transferencias de los conocimientos y tecnologías generadas a técnicos y productores, se utilizaron estrategias de investigación participativa, mediante días de campo y charlas para técnicos y productores.



III. Introducción

La provincia de San Juan, que ocupa un área de 3,569.39 km² en el suroeste de la República Dominicana, tiene un gran potencial para diversificar su agricultura con cultivos hortícolas bajo condiciones de ambiente protegido, para suplir al mercado local y de exportación. En la provincia hay 24,789 unidades productivas agropecuarias, en una superficie de 140,245 hectáreas, con más del 50% de unidades menores de 2.5 hectáreas. En gran parte de esas áreas anualmente se siembran leguminosas, arroz, batata y maíz, cultivos importantes para la seguridad alimentaria, pero con problemas de comercialización y baja rentabilidad para el productor. El estado dominicano a través del Ministerio de Agricultura y otras instituciones estatales, ha iniciado un programa con miras a mejorar las prácticas de manejo de los cultivos y la introducción de nuevos rubros, y modalidades de siembra entre ellas la tecnificación del riego y la producción en ambiente protegido (MEPyD y ONE 2016).

La producción bajo ambiente protegido en República Dominicana ha tenido un crecimiento extraordinario en lo relativo al área cultivada, aumentando de 2,946,319 m² en 2009 hasta 8,763,008 para el año 2014 y 9,231,691 m² en 2016. Los cultivos de mayores volúmenes de producción bajo esa modalidad en el año 2016, fueron tomate de mesa con producción de 559,854 quintales, 40.77% de la producción obtenida en ambiente protegido y en segundo lugar el cultivo de ají morrón con 431,285 quintales, 31.41% del total producido (MA 2017).

La agricultura bajo ambiente protegido requiere un manejo preciso de los factores que intervienen en el proceso productivo, entre ellos el agua de riego y los fertilizantes, siendo este último un factor primordial entre los componentes del costo de producción y tanto el agua como los elementos nutritivos tienen alta incidencia en los niveles de producción, la calidad de la cosecha y la rentabilidad del proceso productivo. El manejo preciso y eficaz del fertirriego es un elemento clave para el éxito del sistema de producción en ambiente protegido, pretendiendo con este proyecto contribuir para aumentar la eficiencia en el manejo del agua de riego y los fertilizantes aplicados de manera conjunta, mediante sistemas de riego presurizado.

Este Informe sólo contiene las actividades y resultados sobre la gestión sostenible de la fertirrigación, correspondientes al

componente I de proyecto.

IV. Objetivos

4.1. Objetivo General del Componente I

Desarrollar tecnologías de gestión eficiente y aumentar la productividad de los cultivos de hortalizas de exportación en condiciones de ambiente protegido y campo abierto, centrándose metas en aspectos importantes, para la fertirrigación de las plantas.

4.2. Propósitos u Objetivos Específicos

4.2.1. Generación de tecnologías para la fertirrigación adecuada bajo condiciones de ambiente protegido.

4.2.1.1.- Evaluar el consumo de agua del cultivo de tomate, (*Solanum lycopersicum*) bajo ambiente protegido, en el Valle de San Juan

4.2.1.2.- Evaluar el consumo de agua del cultivo de ají, *Capsicum annuum* L., bajo ambiente protegido, en el Valle de San Juan

4.2.1.3.- Evaluar los niveles de nitrato y nitrito lixiviado en el agua de drenaje en el cultivo de tomate

4.2.1.4.- Evaluar diferentes dosis de nitrógeno en el cultivo de tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*)

4.2.1.5.- Evaluar diferentes dosis de potasio en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*)

4.2.2. Generación de tecnologías para la fertirrigación adecuada de cultivos hortícolas en campo abierto.

4.2.2.1.- Evaluar el efecto de diferentes frecuencias de riego por goteo en las tensiones de humedad en el suelo y la productividad del cultivo de ají (*Capsicum annuum* L.) en el Valle de San Juan

4.2.2.2.- Evaluar el efecto de la separación de laterales porta gotero en la productividad y rentabilidad del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) en el Valle de San Juan

4.2.2.3.- Evaluar diferentes programas de fertirriego por goteo para el cultivo de ají (*Capsicum annuum* L.)

V. INVESTIGACIONES REALIZADAS

5.1. Generación de tecnologías para la fertirrigación adecuada bajo condiciones de ambiente protegido

5.1.1. Evaluación del consumo de agua del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*), bajo ambiente protegido, en el Valle de San Juan

Resumen

En fecha 14 de enero del año 2015, se instaló un experimento de campo con el objetivo de determinar el requerimiento de agua del cultivo de tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*), bajo condiciones de invernadero, en el Valle de San Juan. El experimento de campo se instaló en la finca de la Estación Experimental Arroyo Loro, localizada en los 18° 48' de Latitud Norte y 71° 14' de Longitud Oeste a 419 msnm de altitud, con temperatura media anual de 24.9° C y humedad relativa de 71.3%. Para determinar el consumo de agua de las plantas se realizaron mediciones de los volúmenes de agua aplicados y evacuados hacia y desde el área experimental, registrándose consumos de agua desde 0.87 l/m²/día, en la primera quincena o etapa inicial del cultivo, alcanzando requerimiento hídrico de hasta 9.12 l/m²/día al finalizar las evaluaciones 125 días después del establecimiento del experimento de campo. Con requerimiento hídrico para todo el período de 770.10 l/m², 7,701 m³ por hectárea de invernadero plantada del cultivo de tomate. El conocimiento del consumo de agua de los cultivos es imprescindible para realizar un manejo eficiente y eficaz del agua de riego, con gran importancia en la fertirrigación, pretendiendo con esta investigación contribuir con la mejoría del manejo del agua de riego y aumento de la productividad del cultivo de tomate.

Introducción

En la República Dominicana las primeras estructuras de producción bajo ambiente protegido se construyeron en la década de los 80, para la producción de flores en el Valle de Constanza y Jarabacoa, estas eran simples ranchos de madera cubiertos de plástico, diseñados con escaso criterio técnico. Aunque hoy en día siguen existiendo esas estructuras, se ha evolucionado bastante, disponiendo hasta de estructuras de metal con diferentes diseños geométricos de baja, mediana y alta tecnología. La producción de vegetales en ambiente protegido de manera intensiva, en República Dominicana, se inicia en año 2003, y hace más de tres décadas, en la producción de flores. La agroplasticultura en nuestro país se consolida en el año 2002 con la implementación de un proyecto de 200 estructuras de 4,800 m², para un área total de 960,000 m², ubicados en cuatro de las más importantes zonas productivas del país, como son: San José de Ocoa, Constanza, Jarabacoa y la provincia Espaillat (Soto s. f.).

El manejo de cultivos en ambiente controlado se práctica en contenedores para sustratos o en camas de suelo, resultando la inversión para camas de suelo más económica que los sustratos. Sin embargo, al ser los sustratos medios con alta porosidad y de baja capacidad de almacenamiento de agua, permiten hacer uso excesivo de agua con menor riesgo de afectar las plantas. En las camas de suelo la intensidad de los problemas por aplicación excesiva de agua está relacionada con las características físicas del suelo. El uso excesivo de agua de riego, además de afectar el desarrollo normal de las plantas, produce recarga a los acuíferos subterráneos o escorrentía hacia las fuentes de aguas superficiales, con agua cargada de nutrientes y / o residuos de pesticidas contaminantes, más en los sistemas de producción con aplicación de fertirriego.

La modalidad de siembra en ambiente protegido conlleva el uso de fertirriego y es una actividad fundamental para el éxito de este sistema de producción, con demanda de agua que varía entre cultivos y por etapas de un mismo cultivo. La estimación del requerimiento hídrico de los cultivos es básica para realizar un manejo adecuado del agua de riego en cualquier sistema de producción agrícola y mayormente en fertirrigación, donde el agua además de sus funciones vitales transporta los nutrientes que se suministran al suelo o sustrato, llevando consigo sales disueltas que deben ser desalojadas de la zona radicular del cultivo con láminas de agua de sobre riego, para lo que también se hace necesario conocer la demanda de agua del cultivo.

En el país, las aplicaciones de agua de riego en ambiente protegido generalmente se manejan con frecuencia y tiempo preestablecido, sin utilizar metodología de estimación que permitan hacer aplicaciones ajustadas al sistema, según condiciones del cultivo y del clima. En ocasiones se utilizan tensiómetros que miden el estado del agua en el medio de sostén de la planta, que bien manejados resultan ser efectivos; los mismos son costosos y sólo reflejan la condición del punto de contacto, mientras que un método de estimación del consumo de agua con las condiciones circundantes se puede aplicar a bloques de infraestructuras de características similares, además de ser complemento de cualquier sistema de medición para el manejo del riego.

El manejo apropiado del riego es esencial para asegurar alto rendimiento y calidad de la cosecha. Al aire libre el tomate puede necesitar 6,000 m³/ha de agua y en ambiente protegido hasta 10,000 m³/ha (Tjalling s. f.). Este trabajo de investigación se realizó con el objetivo de cuantificar el consumo de agua del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*), bajo condiciones de ambiente protegido en el Valle de San Juan y contribuir con el manejo adecuado de los recursos hídricos en las diferentes etapas del cultivo de tomate.

Materiales y Métodos

El ensayo se instaló en el campo experimental de la Estación Experimental Arroyo Loro en el Centro Sur del IDIAF, provincia San Juan, situado a una altitud de 419 msnm, localizado en la Latitud Norte 18° 48' y en la Longitud Oeste 71° 14', con precipitación media anual de 930 mm, temperatura promedio anual de 24.9° C y humedad relativa media anual de 71.3 % (SEA 1984, Bera 2000).

Las unidades experimentales estaban constituidas por camas o contenedores plásticos con sustrato de paja de arroz como medio de cultivo, dimensionadas para las siembras de una, dos y tres plantas colocadas a separación de 25 cm, distribuido en tres bloques al azar, con la finalidad de medir el consumo unitario y el promedio de las unidades experimentales con más de una planta. Por lo que habían contenedores de 25 cm de largo x 28.5 cm de ancho para una planta, 50 cm de largo x 28.5 cm de ancho para dos plantas y 75 cm x 28.5 cm para tres plantas con 20.2 cm de profundidad.

Las camas estaban ubicadas dentro de una casa de cultivo tropical modelo TME-628 de 40.2 metros de ancho con seis túneles de 70 metros de largo, con altura máxima a la cumbrera de 5.2 metros y mínima al canal de 3.2 metros, con el techo de la estructura en forma de arco y ventanas de ventilación cenital fijas de 0.70 metros de altura. Emparrado independiente a la estructura, con alambre calibre 6 y 8 de un hilo, tenzados en ambas direcciones, apoyados sobre pilares de madera, con capacidad de carga puntual de 40 kg/m². Este invernadero tiene un ángulo de inclinación de 8%, con techo en forma de arco con cubierta plástica de composición LPDE Calibre 8 y 12 para canales, con pigmentos estabilizadores HALS. 95% de termicidad, transmisión total de luz 62% y 32% de luz difusa. Bloqueo UV de 360 NM; lo que le confiere alta resistencia a la degradación por efecto de la luz y al azufre (Tabacos Manzanillo 2008).

Se midió el consumo diario de agua de la planta de tomate de mesa sembrada en cama con sustrato. Para esto se aplicó agua hasta la saturación del sustrato dos, tres y cuatro (2, 3 y 4) veces por día a horario fijo preestablecido (9:00 am y 4:00 pm) (8.00 am, 11:00, am y 4:00 pm), (8.00 am, 11:00 am, 1:00 pm y 4:00 pm), dependiendo del estado de desarrollo de las plantas y las condiciones del clima. En los primeros 15 días del ciclo del cultivo se hicieron dos aplicaciones, en el período comprendido entre 15 y 44 días se realizaron tres aplicaciones y a partir de los 44 días de plantado el cultivo se hicieron cuatro aplicaciones diarias de agua, midiendo en cada aplicación los volúmenes de agua aplicados y drenados. El consumo de agua se obtuvo por diferencia entre el volumen aplicado y el volumen drenado de cada aplicación. Mostrando el comportamiento del consumo de agua en cada etapa fenológica del cultivo mediante un gráfico de líneas.

El potencial de hidrogeno (pH) y la conductividad eléctrica (CE) en ds/m, se obtuvieron utilizando un dispositivo Waterproof Tester H198130. Comparando la CE del agua de riego con los contenidos en el agua de drenaje, utilizando la prueba de T para muestra independiente. Para determinar la evapotranspiración potencial (ETP),

se utilizaron las informaciones de la estación meteorológica existente en la estación experimental, localizada al lado de la casa de cultivo, utilizando el Software CRO-PWAT de la FAO, para el cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP) de referencia.

Manejo agronómico

El proceso de siembra se inició el 10 de diciembre del 2014, con la siembra de las semillas de tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*), del híbrido JR3 de crecimiento indeterminado, utilizando bandejas llenas de sustrato, bajo ambiente protegido en casa de posturas o producción de plántulas, lo que garantizó la obtención de plantas de buena calidad, vigorosas y sanas. El trasplante y establecimiento del experimento de campo se realizó el día 14 de enero del año 2015, en cama plástica con sustrato de paja de arroz, previamente desinfectado con bunema y formol, utilizando las dosis recomendadas, tratando las plantas previo al trasplante con una solución de insecticida, fungicida, nematicida y un estimulante para el desarrollo de las raíces.

Después de realizar la siembra se aplicó un riego de 10 minutos y luego dejando las plantas en estrés por seis días, sin realizar ninguna aplicación de agua, 15 días después de la siembra se inició la instalación de tutores con la colocación de hilos y anillos de amarre en los troncos de las plantas, dejando dos guías por planta. Conjuntamente con esas labores se hicieron la poda de frutas y la envoltura de las guías. Durante el ciclo del cultivo las principales plagas que se presentaron fueron: *Bemisia tabaci*, *Tetranychus urticae*, *Polyphagotarsonemus latus*, Banks, *Frankliniella occidentalis*, *Spodoptera sp*, las cuales fueron controladas con productos químicos permitidos por la EPA.

Dentro del invernadero se registraron temperaturas de hasta 45 grados Celsius, lo que provocó aborto de flores y más del 30 % de las frutas con tamaño pequeño. La cosecha se inició el 26 de marzo cosechando las frutas pintadas y maduras, concluyendo el ciclo del experimento el 20 de mayo del año 2015.

Las variables evaluadas fueron:

Conductividad eléctrica (CE) agua de riego	ds/m
Conductividad eléctrica (CE) agua de drenaje	ds/m
pH agua de riego	
pH agua de drenaje	
Condiciones climáticas (temp, HR, velocidad del viento) en el entorno de ambiente protegido	
Evapotranspiración potencial (Etp) del área circundante a la casa de cultivo	mm/día
Consumo de agua de la planta	l/m ² /día

Resultados y Discusiones

Las informaciones obtenidas en la estación meteorológica ubicada en la finca experimental Arroyo Loro, localizada en los 18° 48' de Latitud Norte y 71° 17' de Longitud Oeste a los 419 msnm, se registraron temperaturas que variaron entre 16° C y 33.6° C, con promedios mensuales para el período del experimento que oscilaron entre 23.5° C y 26.5° C. Humedad relativa con medias mensuales entre 61.0 y 69.4% y velocidad de viento promedio con valores entre 76.0 y 162.0 km/día (Tabla 1, Figuras 1 y 2).

Tabla 1. Informaciones climáticas del período del experimento, Evaluación del consumo de agua del cultivo de tomate IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2015.

Mes	Temperatura Máxima °c	Temperatura Mínima °c	Temperatura Promedio °c	Humedad Relativa %	Velocidad del Viento km/día *
Enero	31.0	16.0	23.5	69.4	76.0
Febrero	31.1	16.7	23.9	67.7	101.2
Marzo	32.3	17.7	24.8	66.4	107.9
Abril	33.2	19.8	26.5	64.0	141.3
Mayo **	33.5	19.4	26.4	62.0	162.0

*Velocidad de viento a 2 metros sobre el nivel del suelo
Fuente: Estación agrometeorológica, Arroyo Loro

**Hasta el día 20 de mayo

En las soluciones madres utilizadas para las aplicaciones de fertirriego se registraron conductividades eléctrica entre 0.95 y 1.93 ds/m con valores más bajos en la etapa inicial de la plantación. Mientras que las conductividades en el agua de drenaje de las camas experimentales oscilaron entre 1.84 y 3.58 ds/m, con valores de pH que variaron entre 6.22 y 7.16 para el agua de riego y de 6.66 a 8.92 en el agua de drenaje, reportando la comparación de medias diferencia estadística entre las conductividades eléctricas de las soluciones nutritivas y la del agua drenada, para α de 0.05, superando la Conductividad eléctrica del agua de drenaje a lo C_e de las soluciones madre utilizadas para fertirriego (Tabla 2).

Tabla 2. Prueba de T para comparar las variables conductividad eléctrica en el agua de drenaje y el agua de riego, registradas en el cultivo de tomate en ambiente protegido, San Juan de la Maguana 2015.

Clasificación	variable	Grupo 1	Grupo 2	Media 1	Media 2	P valor
Agua	CE	Agua de drenaje	Agua de riego	2.63	1.5	0.0001



Figura 1. Temperaturas °C, registradas durante el período del experimento, Evaluación del consumo de agua del cultivo de tomate IDIAF – KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2015.

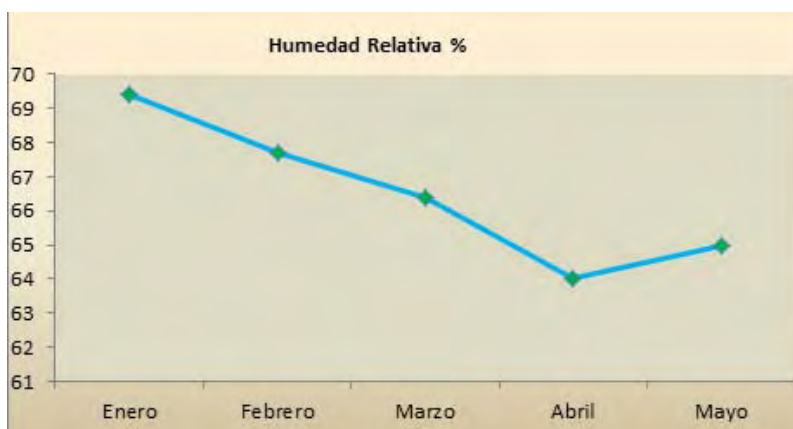


Figura 2. Humedad relativa registrada durante el período del experimento, Evaluación del consumo de agua del cultivo de tomate, IDIAF – KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2015.

La evapotranspiración potencial (ETP) para el área exterior a la casa de cultivo, calculada mediante el software Cropwat, de la FAO, presentó un comportamiento ascendente durante el período del experimento, con los valores más bajos entre 3.45 y 4.18 mm/día, en la primera y segunda quincena de los meses de enero y febrero, aumentando hasta 5.73 y 5.70 mm/día en la última quincena de abril y la primera quincena de mayo, respectivamente (Tabla 2).

Mediante evaluaciones diarias del suministro de agua a la cama de siembra, se observó un ritmo ascendente en los consumos de agua por las plantas, desde el inicio del cultivo hasta finalizar las evaluaciones de campo, 125 días después de la siembra. Registrando consumo desde 0.87 l/m²/día y 9.12 l/m²/día, con menor consumo en los primeros 30 días y un mayor requerimiento hídrico hacia el final de las evaluaciones (Tabla 3, Figura 3).

Tabla 3. Conductividad eléctrica y pH de soluciones nutritivas aplicadas, consumo de agua del cultivo de tomate, bajo ambiente protegido y evapotranspiración del entorno del área experimental, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2015.

Período	Días	Parámetro evaluado en solución nutritiva				Consumo (l/m ² /día)	ETP exterior (mm/día)
		Agua de riego		Agua de drenaje			
		CE (ds/m)	pH	CE (ds/m)	pH		
16-31 enero	16	0.95	7.16	3.31	8.92	0.87	3.45
1-15 febrero	31	1.71	6.33	2.89	8.24	2.16	3.76
16-28 febrero	44	1.93	6.22	1.93	6.97	4.96	4.18
1-15 marzo	59	1.36	-	2.65	-	6.49	4.40
16-31 marzo	75	1.54	-	2.48	-	7.44	4.77
1-15 abril	90	1.72	-	2.46	-	8.05	5.11
16-30 abril	105	1.30	6.73	3.58	6.86	9.37	5.73
1-15 mayo	120	1.51	6.46	2.53	6.66	8.96	5.70
16-20 mayo	125	-	-	1.84	-	9.12	5.39

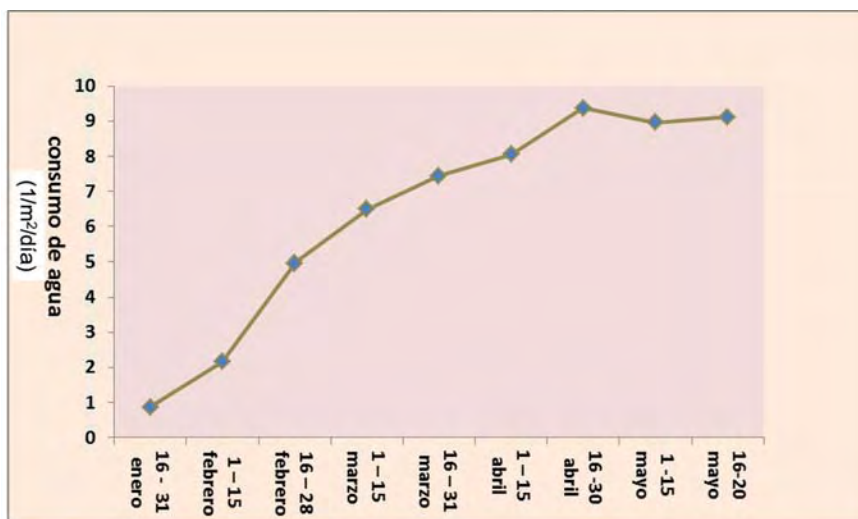


Figura 3. Consumo de agua del cultivo de tomate, bajo ambiente protegido, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R. D. 2015.

Conclusiones

- Las temperaturas registradas fueron superiores y la humedad relativa inferiores a las reportadas por, Valdez, 2006, para período similar de la década 1993-2002.
- Durante el período del experimento se registraron temperaturas superiores de 33° C, a campo abierto y alta intensidad solar dentro de la casa de cultivo, lo que originó temperatura de hasta 50° C en el interior de la misma y humedad relativa que varió entre 62% y 69.4%.

- La concentración de sales nutritivas de las soluciones utilizadas para fertirriego oscilaron entre 0.95 ds/m y 1.93 ds/m valores adecuados en el agua para fertirriego y garantizar buen desarrollo del cultivo de tomate y pH que varió entre 6.22 y 7.16
- En el monitoreo del agua de drenaje de las camas de siembra del cultivo se registraron valores de conductividad eléctrica que variaron entre 1.84 y 3.58 ds/m y pH entre 6.66 y 8.92 con valores superiores en la etapa inicial del cultivo.
- Los niveles de conductividad oscilaron entre 2.89 ds/m y 3.31 en el transcurso del primer mes del cultivo, niveles considerados altos para esa etapa inicial y entre 1.84 ds/m y 3.58 ds/m en los últimos 30 días del período experimental con rangos aceptables para ese período.
- El consumo de agua del cultivo mostró un ritmo ascendente durante todo el ciclo del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) en condiciones de ambiente protegido, con requerimiento hídrico promedio de 0.87 l/m²/día, en la primera quincena o etapa inicial del cultivo, requerimientos que oscilaron entre 2.16 y 6.49 l/m²/día en la etapa de rápido desarrollo, entre 15 y 60 días del ciclo del cultivo, con consumo de agua promedio que variaron entre 7.44 y 8.05 l/m²/día durante el tercer mes y etapa productiva, alcanzando requerimiento hídrico de 9.12 l/m²/día en la etapa final. Al finalizar las evaluaciones 125 días después del establecimiento del experimento, el requerimiento hídrico total del cultivo de tomate bajo ambiente protegido fue de 770.10 l/m², equivalente a 7,701 m³ por hectárea de invernadero plantada del cultivo de tomate.

Recomendaciones

- Establecer las plantaciones bajo ambiente protegido en el Valle de San Juan, en el período agosto-octubre, de manera que el ciclo coincida con los meses de menores temperaturas, lo que propiciará condiciones más adecuadas dentro de la casa de cultivo y menor consumo de agua.
- Realizar estudios de comprobación tecnológica para validar los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, sobre los requerimientos hídricos del cultivo de tomate.
- Determinar los requerimientos hídricos del cultivo de tomate y otros, bajo condiciones de ambiente protegido en diferentes períodos del año y localidades con la finalidad de hacer las aplicaciones de riego ajustados a las exigencias de las plantas.

5.1.2. Evaluación del consumo de agua del cultivo de ají *Capsicum annuum* L., bajo ambiente protegido, en el Valle de San Juan

Resumen

En el mes de enero del año 2015, se instaló en el Valle de San Juan un experimento de campo con el objetivo de evaluar el consumo de agua del cultivo de ají morrón (*Capsicum annuum*), bajo condiciones de ambiente protegido, utilizando camas o contenedores plásticos de 28.5 cm de ancho, con 20 cm, 40 cm y 60 cm de largo, para una, dos y tres plantas sucesivamente. Durante el período del experimento que finalizó el 20 de mayo del mismo año, se registraron temperatura máxima de 33.5° C y mínima de 16° C, en el entorno de la casa de cultivo. Los consumos de agua del cultivo fueron 0.76 l/m²/día, en la primera quincena o etapa inicial del cultivo, consumo que oscilaron entre 1.31 y 3.88 l/m²/día, en la etapa de desarrollo activo, entre 15 y 60 días del ciclo del cultivo, con un ligero aumento alcanzando hasta 4.14 l/m²/día en el tercer mes del ciclo del cultivo y descendiendo hasta 3.38 l/m²/día en la etapa final del cultivo. Con esta investigación se aportan informaciones fundamentales para mejorar el manejo del agua de riego, su eficiencia y eficacia, de manera que se puedan obtener los mayores beneficios tanto del agua como de los demás recursos utilizados en la producción de ají bajo condiciones de ambiente protegido.

Introducción

El aumento poblacional lleva consigo un incremento en la demanda de alimentos y de agua para su consumo y actividades cotidianas. Las variaciones del clima han contribuido a la escasez de agua, limitando su disponibilidad, por lo que se hace necesaria una planificación eficaz para el buen aprovechamiento de la misma en la agropecuaria.

El manejo de cultivos en ambiente controlado se practica en contenedores para sustratos o en cama de suelo, resultando la inversión para cama de suelo más económica que para sustratos. Sin embargo, al ser los sustratos medios con alta porosidad y de baja capacidad de almacenamiento de agua, reducen el riesgo de afectar las plantas cuando se usa agua en exceso. En las camas de suelo, la intensidad de los problemas por aplicación excesiva de agua está relacionada con las características físicas del suelo. En ambos sistemas de producción, el uso excesivo de agua de riego, además de afectar el desarrollo normal de las plantas, produce recarga a los acuíferos subterráneos o escorrentía hacia las fuentes de aguas superficiales, con agua cargada de nutrientes y/o residuos de pesticidas contaminantes.

La modalidad de siembra en ambiente protegido conlleva el uso de fertirriego y es una actividad fundamental para el éxito de este sistema de producción, con demanda de agua que varía entre cultivos y por etapas de un mismo cultivo. La estimación de los requerimientos hídricos de los cultivos es de gran importancia para realizar un manejo adecuado del agua de riego en cualquier sistema de producción agrícola y mayormente en fertirrigación, donde el agua además de sus funciones vitales

transporta los nutrientes que se suministran al suelo o sustrato, llevando consigo sales disueltas que deben ser desalojadas de la zona radicular del cultivo con lámina de agua de sobre riego, para lo que también se hace necesario conocer la demanda de agua del cultivo.

Existen metodologías para estimar con precisión la demanda de agua de los cultivos, las cuales han sido desarrolladas bajo condiciones específicas y no necesariamente se ajustan a la diversidad de climas, condiciones geográficas y de cultivos; en tal sentido, resulta importante hacer estudios de consumo de agua *in situ*, para ajustar los procedimientos de estimación de los requerimientos hídricos y demanda de agua de los cultivos bajo las condiciones agro climatológicas locales (Doorenbos y Pruitt 1977).

Los cultivos o plantas en la fotosíntesis utilizan la radiación solar, CO₂, agua y nutrientes para la producción de biomasa; durante ese proceso pasa agua a la atmósfera en forma de vapor a través de los estomas, la cual debe ser repuesta por la planta mediante la absorción desde el suelo a través de las raíces. La deficiencia de humedad en el suelo debe ser cubierta por la lluvia o por el riego. Cuando es con agua de riego, sólo se podrá hacer de manera eficaz si se cuantifica con certeza el consumo de las plantas. Un suministro de agua de manera deficitario limitará el desarrollo fisiológico de las plantas y con ello una reducción en la producción, mientras que aplicaciones de agua en exceso pueden provocar asfixia radicular, proliferación de enfermedades, lixiviados de fertilizantes y hasta muerte de plantas (Estación Experimental de Cajamar 2005).

Cálculo de los requerimientos de agua del cultivo de pimiento (ají morrón) en invernadero, mediante el uso de la radiación solar y la temperatura, estiman que para plantaciones establecidas entre la segunda quincena de junio y la última quincena de agosto, durante la primera quincena este cultivo consume entre 0.70 y 0.90 litros/m²/día, con demanda de 2.05 a 2.65 litros/m²/día entre los 15 y 45 días del ciclo vegetativo, y el requerimiento hídrico osciló entre 2.45 y 4.92 litros/m²/día durante el periodo comprendido entre los 45 y 75 días después de la siembra del cultivo. Al realizar las estimaciones para el periodo comprendido entre los 75 y 105 días del ciclo del cultivo se obtuvieron valores que variaron entre 0.92 y 1.58 litros/m²/día. Los mayores consumos estimados correspondieron a las siembras efectuadas en la segunda quincena de junio y la primera de julio y los inferiores a las plantaciones iniciadas en agosto (Estación Experimental de Cajamar 2005).

El uso de contenedores para el cultivo en invernaderos permite la recolección de la solución nutritiva lixiviada y su comparación con la solución nutritiva entrante. El monitoreo del volumen lixiviado, pH, CE y concentración de los nutrientes en la solución lixiviada, permite determinar si se están aplicando los fertilizantes y el agua en exceso o en deficiencia, y por lo tanto facilita ir corrigiendo el régimen de fertirriego. El valor óptimo del pH de la solución de riego es de 6 - 6.5 y el pH de la solución de lixiviación no más de 8.5 (Imas, 1999).

El cultivo de ají morrón ocupa el primer lugar en superficie de siembra y volumen de producción bajo ambiente protegido en República Dominicana, con producción de 518,175 quintales en el año 2013, 42% de toda la producción de ese año, bajo esa modalidad de producción (Ministerio de Agricultura, 2014). Dada la importancia de este cultivo y su impacto en la generación de divisas se hace necesario mejorar las prácticas de manejo y optimización de los recursos que intervienen en su proceso productivo, pretendiendo con este trabajo de investigación contribuir con el manejo eficiente del fertirriego, el incremento de la productividad y la rentabilidad de este cultivo en este sistema productivo.

Materiales y Métodos

El ensayo se instaló en el campo experimental de la Estación Experimental Arroyo Loro del Centro Sur del IDIAF, provincia San Juan, situada a una altitud de 419 msnm, localizado en la Latitud Norte 18° 48' y en la Longitud Oeste 71° 14', con precipitación media anual de 930 mm, temperatura promedio anual de 24.9° C y humedad relativa media anual de 71.3% (SEA 1984, Bera 2000).

El experimento de campo estaba constituido por unidades experimentales de camas o contenedores plásticos con sustrato de paja de arroz como medio de cultivo, dimensionadas para las siembras de una, dos y tres plantas, distribuido en tres bloques al azar, con la finalidad de medir el consumo de agua unitario y promedio de las unidades experimentales con más de una planta. Por lo que teníamos contenedores de 20 cm de largo x 28.5 cm de ancho para una planta, 40 cm de largo x 28.5 cm de ancho para dos plantas y 60 cm x 28.5 cm para tres plantas con 20.2 cm de profundidad. Estas camas estaban ubicadas dentro de un invernadero o casa de cultivo tropical, modelo TME-628, de 40.2 metros de ancho con seis túneles de 70 metros de largo, con altura máxima a la cumbre de 5.2 m y mínima al canal de 3.2 m, con el techo de la estructura en forma de arco, con ventanas de ventilación cenital fijas de 0.70 m de altura. Se midió el consumo diario de agua de la planta de ají sembrada en cama con sustrato. Para esto se aplicó agua hasta la saturación del sustrato, dos, tres y cuatro (2, 3 y 4) veces por día a horario fijo preestablecido (8:00 am, 3:00 pm), (8.00 am, 11:00 am y 4:00 pm), (8.00 am, 11:00 am, 1:00 pm y 4:00 pm), dependiendo del estado de desarrollo de las plantas, condicionado por el clima. En los primeros 15 días del ciclo del cultivo se hicieron dos aplicaciones, en el periodo comprendido entre 15 y 44 días se realizaron tres aplicaciones y a partir de los 44 días de plantado el cultivo se hicieron cuatro aplicaciones de agua, midiendo en cada aplicación los volúmenes de agua aplicados y drenados.

El consumo de agua se obtuvo por diferencia entre el volumen aplicado y el volumen drenado de cada aplicación. Mostrando el comportamiento del consumo de agua en cada etapa fenológica del cultivo mediante un gráfico de líneas. El potencial de hidrógeno (pH) y la conductividad eléctrica (CE) en ds/m, se obtuvieron utilizando un dispositivo Waterproof Tester H198130. Comparando el pH y la CE del agua de riego con los contenidos en el agua de drenaje, utilizando la prueba de T para muestra independiente.

Para determinar la evapotranspiración potencial (ETP), se utilizaron las informaciones de la estación meteorológica existente en la Estación Experimental Arroyo Loro, ubicada al lado de la casa de cultivo, con la utilización del Software CROPWAT de la FAO.

Manejo agronómico

El proceso de siembra se inició el 10 de diciembre del 2014, con la siembra de las semillas de pimiento morrón *Capsicum annum*, de color rojo, del híbrido Ganda, en bandejas llenas de sustratos bajo condiciones de ambiente protegido, en casa de posturas o producción de plántulas, lo que garantizó la obtención de plantas de buena calidad, vigorosas y sanas.

El trasplante e instalación del experimento se realizó el día 14 de enero del año 2015, sobre cama plástica con sustrato de paja de arroz, previamente desinfectado con bunema y formol a las dosis recomendadas, tratando las plantas previo al trasplante con una solución contentiva de insecticida, fungicida, nematocida y un estimulante para el desarrollo de las raíces. Después de realizar la siembra se aplicó un riego de 10 minutos y luego se dejaron en estrés por seis días sin hacer ninguna aplicación de agua. 15 días después de la siembra se inició la instalación de tutores, colocando hilos y anillos de amarre en los troncos de las plantas, dejando dos guías por planta. Conjuntamente con esas labores se hicieron las podas de frutas y la envoltura de las guías. Durante el ciclo del cultivo las principales plagas que se presentaron fueron: *Bemisia tabaci*, *Tetranychus urticae*, *Polyphagotarsonemus latus*, Banks, *Frankliniella occidentalis*, *Spodoptera sp*, las cuales fueron controladas con productos químicos permitidos por la EPA. Dentro del invernadero se registraron temperaturas de hasta 45º C, lo que provocó aborto de flores y alrededor del 30% de las frutas con tamaño pequeño. La cosecha se inició el 26 de marzo cosechando las frutas pintadas y maduras, concluyendo el ciclo del experimento el 20 de mayo del año 2015.

Las variables evaluadas fueron:

Conductividad eléctrica (CE) agua de riego	ds/m
Conductividad eléctrica (CE) agua de drenaje	ds/m
pH agua de riego	
pH agua de drenaje	
Condiciones climáticas (temp, HR, velocidad del viento) en el entorno de la casa de cultivo	
Evapotranspiración potencial (Etp) del área circundante a la casa de cultivo	mm/día
ETP en el entorno del invernadero	mm/día

Resultados y Discusiones

Las soluciones nutritivas utilizadas para el fertirriego tenían conductividad eléctrica entre 0.74 y 1.77 ds/m con valores más altos en la etapa productiva y en el agua de drenaje se registraron conductividad que oscilaron entre 1.37 y 2.13 ds/m, resultando en la comparación de media la conductividad del agua de drenaje superior al agua de riego para α de 0.05. Con valores de pH entre 6.26 y 7.01 para el agua de riego y de 6.8 a 8.9 en el agua de drenaje (Tabla 5).

Tabla 4. Prueba de T para comparar las variables conductividad eléctrica en el agua de drenaje y el agua de riego, registradas en el cultivo de ají en ambiente protegido, San Juan de la Maguana 2015.

Clasificación	variable	Grupo 1	Grupo 2	Media 1	Media 2	P valor
Agua	CE	Agua de drenaje	Agua de riego	1.69	1.43	0.05

El consumo de agua de la planta mostró valores ascendentes desde el momento del establecimiento hasta los 105 días del ciclo vegetativo, reportando niveles de consumo entre 0.76 litro/m²/día y 4.14 litro/m²/día, con menor consumo en los primeros 30 días y un mayor consumo de agua entre los 45 y 105 días del ciclo del cultivo. Registrando reducciones en los consumos de agua a partir de los 105 días después del trasplante, lo que se corresponde con el comportamiento normal del consumo de agua de los cultivos anuales (Tabla 5, Figura 4).

La evapotranspiración potencial (ETP) para el área exterior a la casa de cultivo, calculada mediante el software Cropwat de la FAO, presentó un comportamiento creciente durante el periodo del experimento, con los valores más bajos entre 3.45 y 4.18 mm/día, en la primera y segunda quincenas enero - febrero y valores de ETP mayores 5.70 y 5.73 mm/día registrados en los meses abril y mayo (Tabla 5).

Tabla 5. Conductividad eléctrica y pH de soluciones nutritivas aplicadas, consumo de agua del cultivo de ají bajo ambiente protegido y evapotranspiración del entorno del área experimental, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2015.

Período	Días	Parámetro evaluado en solución nutritiva				Consumo (l/m ² /día)	ETP exterior (mm/día)
		Agua de riego		Agua de drenaje			
		CE (ds/m)	pH	CE (ds/m)	pH		
16 - 31 enero	0.74	6.47	2.13	8.90	0.76	3.45	3.45
1 - 15 febrero	1.45	6.26	1.46	8.04	1.31	3.76	3.76
16 - 28 febrero	1.49	6.33	1.57	6.69	2.78	4.18	4.18
1 - 15 marzo	1.30	-	1.86	-	3.88	4.40	4.40
16 - 31 marzo	1.64	-	1.58	-	3.97	4.77	4.77
1 - 15 abril	1.46	-	1.85	-	4.01	5.11	5.11
16 -30 abril	1.36	7.01	1.78	7.25	4.14	5.73	5.73
1 -15 mayo	1.63	6.44	1.64	6.80	3.71	5.70	5.70
16-20 mayo	1.77	-	1.37	-	3.38	5.39	5.39

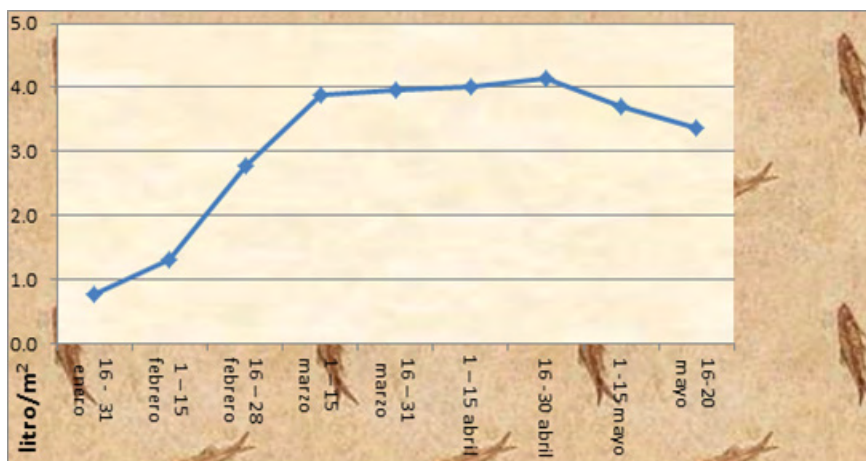


Figura 4.- Consumo de agua del cultivo de ají, bajo ambiente protegido, IDIAF– KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2015.

En las informaciones agroclimáticas recopiladas en la estación meteorológica localizada en la Estación Experimental Arroyo Loro, se registraron temperaturas que oscilaron entre 16° C y 33.6° C, con promedio mensual para el periodo del experimento que variaron entre 23.5° C y 26.5° C. Humedad relativa con valores medios mensuales entre 61.0 y 69.4% y velocidad de viento débil, a moderado con promedio desde 76.0 hasta 162.0 km/día (Tabla 6, Figuras 5 y 6).

Las temperaturas registradas fueron superiores y la humedad relativa inferiores a las reportadas por Valdez, 2006, para el período similar de la década, 1993-2002.

Tabla 6. Informaciones climáticas del período del experimento, Evaluación del consumo de agua del cultivo de ají, IDIAF–KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2015.

Mes	Temperatura Máxima °c	Temperatura Mínima °c	Temperatura Promedio °c	Humedad Relativa %	Velocidad del Viento km/día *
Enero	31.0	16.0	23.5	69.4	76.0
Febrero	31.1	16.7	23.9	67.7	101.2
Marzo	32.3	17.7	24.8	66.4	107.9
Abril	33.2	19.8	26.5	64.0	141.3
Mayo •	33.5	19.4	26.4	62.0	162.0

*Velocidad de viento a 2 m sobre el nivel del suelo
Fuente: Estación Meteorológica, Arroyo Loro

• Datos hasta el día 20

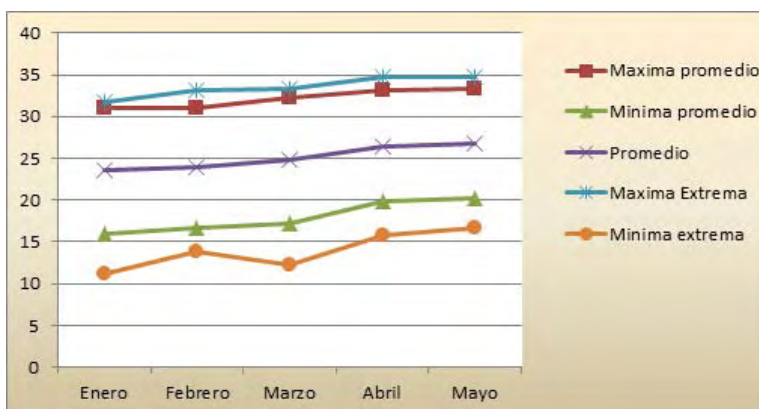


Figura 5. Temperaturas °C, registradas durante el período del experimento, Evaluación del consumo de agua del cultivo de ají, IDIAF – KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2015.



Figura 6. Humedad relativa registradas durante el periodo del experimento, Evaluación del consumo de agua del cultivo de ají, IDIAF-KOPIA. Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R. D. 2015.

Conclusiones

Durante el período del experimento se registraron temperaturas superiores a 33° C, a campo abierto y alta intensidad solar dentro de la casa de cultivo, lo que originó temperatura de hasta 50° C en el interior de la misma y humedad relativa adecuada para el cultivo, con valores que variaron entre 62% y 69.4%.

La concentración de sales y pH de las soluciones nutritivas utilizadas para fertirriego estuvieron dentro de los rangos recomendados para el cultivo de ají (*Capsicum annuum*) sobre sustratos, con conductividad eléctrica que oscilaron entre 0.74 ds/m y 1.77 ds/m y pH entre 6,26 y 7.01.

El monitoreo del agua de drenaje de las camas sostén del cultivo sólo mostró valores ligeramente alto 2.13 ds/m en la etapa inicial del cultivo, con niveles de con-

ductividad que oscilaron entre 1.37 ds/m y 1.86, desde quince días después del establecimiento del cultivo, hasta finalizar el ciclo, con valor promedio estadísticamente superior al promedio registrado en agua de riego, para $p < 0.05$.

Bajo las condiciones agroclimáticas registradas durante las diferentes etapas del cultivo, el consumo de agua promedio quincenal para el cultivo de ají (*C. annuum*) en condiciones de ambiente protegido fue 0.76 l/m²/día, en la primera quincena o etapa inicial del cultivo, consumo que osciló entre 1.31 y 3.88 l/m²/día en la etapa de rápido desarrollo, entre 15 y 60 días del ciclo del cultivo, con un ligero aumento alcanzando hasta 4.14 l/m²/día en el tercer mes del ciclo del cultivo y descendiendo hasta 3.38 l/m²/día en la etapa final del cultivo. (Estos datos obtenidos en la Estación Experimental Arroyo Loro, coinciden con los rangos estimados por la Estación Experimental de Cajamar 2005).

Recomendaciones

Establecer las plantaciones bajo ambiente protegido en el valle de San Juan, en los meses agosto–octubre, con el fin de aprovechar los meses de menores temperaturas y no tener pico de temperatura muy alto dentro de la casa de cultivo y además de condiciones más adecuadas para el cultivo se tendrá menor consumo de agua.

Hacer réplica de este trabajo de investigación, con el objetivo de validar los resultados presentados en este reporte técnico.

Determinar los requerimientos hídricos de los cultivos que se realizan bajo ambiente protegido para cada zona y época de producción.

5.1.3. Evaluación de los niveles de nitrato y nitrito lixiviado en el agua drenada desde cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*), bajo ambiente protegido.

Resumen

En el Valle de San Juan fueron realizadas evaluaciones de las aguas evacuadas desde camas de sustrato de paja de arroz, sembradas del cultivo de tomate en el interior de casa de cultivo, en el periodo enero-abril del año 2015, con el objetivo de medir el contenido de nitrato y nitrito del agua drenada. El agua y los fertilizantes se aplicaron mediante el fertirriego, haciendo dos, tres y cuatro aplicaciones por día, según requerimiento del cultivo. El contenido de nitrato del agua utilizada era de 25.08 mg/l, nivel que no representa peligro para el consumo humano, según lo establecido a nivel mundial, 50 mg/l. Los volúmenes de agua aplicados variaron entre 29,701 y 39,172 l/día/ha, de los cuales alrededor del 10% drenó hacia el exterior de la casa de cultivo, con contenido de nitrato entre 38.72 mg/l y 163.68 mg/l correspondiendo los mayores contenido 140.80 y 163.68 mg/l a los primeros 45 días del ciclo vegetativo. Dada la alta peligrosidad para los humanos, del consumo de agua con contenido alto de nitrato y la alta cantidad de agua que es liberadas desde los invernaderos, además de las altas cantidades de nitratos de calcio y potasio que se aplican en la fertirrigación en esta modalidad de producción, se hace necesario evaluar las concentraciones de nitrito y nitrato de las aguas evacuadas desde los invernaderos y posible contaminación de las fuentes superficiales y subterráneas hacia donde descargan esas aguas drenadas, con la finalidad de tomar medidas para mitigar esas potenciales contaminaciones.

Introducción

En la agricultura en condiciones protegidas bajo invernadero, por lo general la aplicación del agua y los fertilizantes se realiza de manera conjunta mediante el fertirriego, lo que produce una alta concentración de elementos químicos en el agua de riego, los cuales son transportados directamente por las aguas drenadas o lixiviadas fuera del alcance de las raíces y aquellos que no son consumidos por las plantas y quedan como residuos en el suelo o sustrato de siembra pueden ser lavados posterior a la siembra y contaminar las aguas superficiales o subterráneas.

Las fuentes de fertilizantes recomendadas en mayor cantidades para la producción en condiciones de ambiente protegido en República Dominicana, son a base de nitrato, un elemento de fácil movilidad y nocivo para la salud. El nivel máximo de nitrato establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS), en el agua para consumo humano es de 50 mg/l y 0.5 mg/l para el nitrito (Agencia de Protección de la Salud s/f) y es necesario obtener informaciones sobre los aportes de nitratos y nitritos a las fuentes de aguas superficiales o subterráneas que se hacen mediante el agua que drena desde las casas de cultivo, con la finalidad de determinar su posible potencial para la contaminación de la fuentes de agua, donde ésta descargan y el impacto que puede tener el desarrollo de la agricultura bajo condiciones de invernaderos en las fuentes de agua que reciban las aguas drenadas desde esas infraestructuras de producción agrícola.

La industrialización en el siglo XIX trajo un rápido desarrollo de la tecnología de invernaderos. A principios de este siglo la mayoría de invernaderos eran de construcción sencilla con una pendiente en cubierta de 45° siendo calentado el invernadero por la descomposición de materia orgánica o mediante estufas.

En el siglo XX se desarrolló una amplia información sobre calefacción, riego y fertilización en invernadero. En Holanda se desarrollaron gradualmente invernaderos para un mejor uso de los cultivos, hasta que en 1937 se construyó el invernadero Venlo a base de acero y cristal, el cual podía ser utilizado para diferentes cultivos.

En el siglo XV, en el norte de Italia y en el sur de Alemania fue muy común el uso de cabañas para la protección de los cultivos en invierno, llegando a existir unas pocas hectáreas. En el siglo XVII los orangeries (casa de cultivo), llegaron a estar de moda en Europa (siendo el primero del siglo XVI en Inglaterra), estos reemplazaron gradualmente a las cabañas de invierno. Como el mismo nombre sugiere la planta favorita para cultivar era el naranjo. Estos eran casas de cultivos que tenían amplias ventanas de cristal en el lado sur para permitir la entrada de luz hacia las plantas. Para calentarlos en invierno se usaban unas pocas estufas. A partir de ahí comenzó una expansión de los invernaderos con paneles de cristal. Iniciando en el año de 1,737 surgió un gran interés por conservar (ahorrar) energía en los invernaderos mediante cortinas, entre otros elementos y se comenzó a cultivar con aporte de CO₂, calor y nutrientes procedente de estiércol (López y Pérez s. f.).

En la República Dominicana las primeras estructuras de producción bajo ambiente protegido, se construyeron en la década de los 80, para la producción de flores en el Valle de Constanza y Jarabacoa, estas eran simples ranchos de madera cubiertas de plástico, diseñados con escaso criterio técnico. Aunque, hoy en día siguen existiendo esas estructuras, se ha evolucionado bastante, disponiendo hasta de estructuras de metal con diferentes diseños geométricos de baja, mediana y alta tecnologías. Iniciando de manera intensiva la producción de vegetales en ambiente protegido en República Dominicana en el año 2003 (Soto s. f.).

El manejo de cultivos en ambiente controlado se realiza con las aplicaciones de fertirriego, usando fertilizantes hidrosolubles de manera intensiva, los cuales aportan sales que deben ser desalojadas de la zona radicular mediante lixiviación, por lo que es obligatorio las aplicaciones de láminas de agua de sobre riego, con volúmenes que dependerán entre otros factores de las características del suelo o sustrato, la calidad del agua utilizada para el riego, el cultivo y las fuentes de fertilizantes utilizadas.

Las aguas drenadas o lixiviadas de la casa de cultivo están cargadas de los diferentes componentes aplicados en los fertilizantes y otros agroquímicos. Algunos de los cuales son contaminantes del suelo, el agua y todo el medio ambiente, por lo que es necesario mantener sistema de vigilancia y medidas para mitigar los efectos contaminantes de las aguas lixiviadas desde los invernaderos agrícolas.

Las fuentes de fertilizantes recomendadas en mayores cantidades en el plan de fertirriego, del Programa de Mercado Frigoríficos e Invernaderos (PROMEFRIN), de-

pendencia del Ministerio de Agricultura, son a base de nitrato (nitrato de calcio y nitrato de potasio). Los nitratos están identificados como las fuentes de nutrición nitrogenadas más favorables para el buen desarrollo de las plantas y por ende para la obtención de alta productividad y calidad de la cosecha. Los nitratos se lixivian fácilmente y con las aguas evacuadas desde los invernaderos o casa de cultivos pueden contaminar las aguas superficiales y subterráneas donde descargan, al estar cargadas de nitratos y otros elementos no deseados.

El nitrógeno que proviene de los fertilizantes y que no es usado por los vegetales, puede “fugarse” de los sistemas agrícolas hacia las aguas subterráneas o hacia las superficiales, aunque también puede escaparse a la atmósfera como gas. La mayor parte del nitrógeno que se pierde del proceso productivo lo hace en forma de nitrato, el cual al ser débilmente absorbido por el suelo queda en solución y puede lixiviarse a través del perfil del suelo e incluso alcanzar el agua subterránea (Kiely citado por Navarro 2013). Al suelo se pueden agregar como fuentes de nitrógeno fertilizantes orgánicos (estiércol, abono verde, compost) o inorgánicos (urea, amonio y nitrato principalmente), tendiendo las fuentes para estos últimos a convertirse velozmente a nitrato, el cual podrá ser absorbido por el cultivo o lixiviado (Fernández 2005). Las consecuencias de las actividades agrícolas, respecto de la contaminación con nitratos varían en relación al clima, tipo de suelo, tipo de cultivo, prácticas de cultivo, cantidad de fertilizante y período de aplicación (Jolánkai *et al*, citado por Navarro 2013).

El problema ambiental más importante relativo al ciclo del N, es la acumulación de nitratos en el subsuelo que, por lixiviación, pueden incorporarse a las aguas subterráneas o bien ser arrastrados hacia los cauces y reservorios superficiales. En estos medios los nitratos también actúan de fertilizantes de la vegetación acuática, de tal manera que, si se concentran, puede originarse la eutrofización del medio. En un medio eutrofizado, se produce la proliferación de especies como algas y otras plantas verdes que cubren la superficie. Esto trae como consecuencia un elevado consumo de oxígeno y su reducción en el medio acuático, así mismo dificulta la incidencia de la radiación solar por debajo de la superficie. Estos dos fenómenos producen una disminución de la capacidad auto depuradora del medio y una merma en la capacidad fotosintética de los organismos (Ramos 2002).

El nitrato está presente en el agua de forma natural pudiendo incrementar su concentración por actividades humanas. Principalmente las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados, (orgánico e inorgánico), las actividades industriales y urbanas, así como vertido directo a los acuíferos superficiales de desperdicios humanos y animales. Además los lixiviados procedentes de los depósitos orgánicos y de los vertederos también contribuyen al enriquecimiento de las aguas con nitratos.

El exceso de nitratos, que no es utilizado por las plantas para la síntesis de proteínas vegetales, puede llegar a las aguas superficiales, o bien, infiltrarse a través del suelo y llegar a los acuíferos subterráneos, las cuales pueden llegar al suministro de agua de consumo humano. La ingesta diaria admisible de nitrato y nitrito establecidas

por el comité conjunto de la FAO/OMS (JEFCA) en el año 2002, se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Ingesta diaria de nitrato y nitrito admitida para seres humanos.

ION	Ingesta diaria admitida para humanos (IDA)
Nitrato (NO ₃)	0 – 3.7 mg/kg de peso corporal
Nitrito (NO ₂)	0 – 0.07 mg/kg de peso corporal

Los efectos tóxicos de los nitratos se deben a su conversión (reducción) a nitritos y no a los nitratos directamente. Los niños menores, de 4-6 meses son más sensibles a la exposición excesiva de nitratos, aunque se puede producir el cuadro clínico de intoxicación aguda en niños de mayor edad, el cual se denomina metahemoglobinemia. La metahemoglobinemia o síndrome del niño azul (blue baby syndrome), es el término utilizado para definir el exceso de metahemoglobina (MetHb) en la sangre de los niños menores de 4 meses. La metahemoglobina es una hemoglobina anómala que no transporta oxígeno por lo que produce dos tipos de síntomas: Color azulado (cianosis) característico de piel y mucosas (de ahí el nombre de síndrome de bebé azul); síntomas debido a la falta de oxígeno (hipoxia tisular) en los tejidos que provoca dificultad respiratoria, taquicardia, náuseas, vómitos; y en casos graves convulsiones y coma (Martínez 2014).

La metahemoglobinemia es una enfermedad clínica que surge de la excesiva conversión de hemoglobina a metahemoglobina, que es incapaz de enlazar y transportar oxígeno en forma HbO₂ (Oxihemiglobina). La metahemoglobina se forma cuando el hierro de la molécula de hemoglobina se oxida de Fe²⁺ a Fe³⁺ y aparece cuando la hemoglobina es oxidada a una tasa superior a la capacidad enzimática normal para reducir la hemoglobina. Los síntomas de la metahemoglobinemia son normalmente aquellos relacionados con la distribución dificultosa de oxígeno a las células del cuerpo (dolores de cabeza, debilidad, taquicardias y falta de respiración) y se desarrollan gradualmente a medida que la concentración de metahemoglobina aumenta por encima del 20%. Concentraciones mayores del 70 % pueden provocar la muerte (Lenntech s. f).

Este trabajo de investigación tiene como objetivo medir el contenido de nitrato y nitrito de agua de drenaje, procedente de fertirriego aplicado en invernadero sembrado de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*).

Materiales y Métodos

Para la determinación del nitrato y nitrito lixiviados desde camas con sustrato de paja de arroz quemada, sembradas de tomate (*Solanum lycopersicum*), bajo condiciones de Ambiente protegido se instaló en fecha 14 de enero del año 2015, un experimento de campo bajo condiciones de invernadero, con sistema de siembra sobre camas o contenedores, dentro de casa de cultivo existente en la estación experimental Arroyo Loro, situado en los 18º 48' de Latitud Norte y 71º 14' Longitud Oeste, localizado a 419 msnm, con precipitación anual de 930.3 mm, humedad re-

lativa media de 71.3% y temperatura promedio anual de 24.9° C. Con temperatura mínima de 15° C y Máxima de 32.8° C. (Bera 2000, Valdez 2006).

Para determinar el contenido de nitrito y nitrato aportado por el sistema de siembra en contenedores con sustratos y aplicaciones intensivas de fertilizantes que conlleva el proceso productivo bajo condiciones de fertirriego, se realizaron mediciones en el agua de drenaje de diferentes camas, a las cuales se le determinó el contenido de nitrito y nitrato en los laboratorios de calidad de agua y gestión ambiental del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI), mediante muestreos mensuales del agua lixiviada.

El volumen de agua drenado se determinó realizando mediciones directas, tres veces al día en horario preestablecido de 8:00 a.m., 11:00 a.m. y 4:00 p.m. en dos camas o contenedores, con la colocación de cubo al final del canal o conducto de desagüe y midiendo los volúmenes acumulados en los cubos entre dos lecturas consecutivas y mediante sumatoria de los volúmenes parciales de cada día se determinó el volumen acumulado de cada día. Para determinar los contenidos de nitrato y nitrito (mg/l) del sustrato, previo al establecimiento del cultivo se realizó un análisis en los laboratorios de suelos del INDRHI, en los cuales se determinó un bajo contenido de nitrato 0.32 mg/l y 60 mg/l de nitrito, utilizando los laboratorios el procedimiento de extracto saturado de la muestra.

Las fuentes nutricionales que contenían nitratos de forma directa, aplicadas al cultivo, fueron nitrato de calcio y nitrato de potasio. Las dosis aplicadas de nitrato de calcio fueron: 600 g por metro cúbico (g/m^3) de agua de riego desde la primera hasta la sexta semana del ciclo del cultivo, 700 g/m^3 , en la séptima semana y 750 g/m^3 desde la octava semana hasta el final del ciclo del cultivo. Mientras que las dosis de nitrato de potasio fueron 50 gr/m^3 de agua de riego desde la primera hasta la sexta semana, 150 g/m^3 , en la séptima y octava semana y 200 gr/m^3 de agua de riego a partir de la novena.

Las variables evaluadas fueron:

pH del agua drenada	
Conductividad eléctrica	ds/m
Nitrato en el agua de drenaje	mg/l
Nitrito en el agua de drenaje	mg/l
Volumen de agua aplicado	$\text{m}^3/\text{día}/\text{ha}$
Volumen de agua drenado	$\text{m}^3/\text{día}/\text{ha}$

Resultados y Discusiones

El contenido de nitrato en el agua de drenaje, procedente de siembra de tomate bajo casa de cultivo con sustrato de paja de arroz, osciló entre 38.72 mg/l y 163.68 mg/l, con valores superiores, 140.80 y 163.68 mg/l, en los primeros 45 días del ciclo, período en el cual los niveles fueron superiores a 50 mg/l, nivel máximo orientativo establecido por la organización mundial de la salud para agua de consumo humano (Tabla 8).

Los contenidos de nitritos variaron entre 0.16 y 17.82 mg/l de agua, con valores de 4.11 mg/l, 17.82 y 0.54 mg/l en los primeros 75 días del cultivo, superiores a los 0.50 mg/l establecido por la OMS, como nivel permisible en el agua para consumo humano y descendiendo a 0.16 mg/l al final del período.

El contenido de nitrato del agua utilizada para las aplicaciones de fertirriego, procedente del canal José Joaquín Puello, fue de 25.08 mg/l, nivel de nitrato que permite que esta agua pueda ser utilizada para consumo humano, esta concentración de nitrato fue superada por los valores registrados en las aguas lixiviadas desde la casa de cultivo (Tabla 8).

Los niveles de pH de las aguas lixiviadas excepto el registrado en el mes de enero 8.8, estuvieron dentro del rango permisible en el agua drenada desde camas de siembra sobre sustratos, 7.8, 6.8 y 8.2 respectivamente, por otro lado, la conductividad eléctrica 7.32 ds/m, registrada en el mes de marzo, fue alta, registrando conductividad eléctrica dentro de niveles deseados, en los demás momentos del ciclo del cultivo (Tabla 8).

Tabla 8. pH, conductividad eléctrica (Ce), Contenido de nitrito y nitrato en las aguas drenadas, procedentes de siembra de tomate bajo casa de cultivo con sustrato de paja de arroz, IDIAF-KOPIA. Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R. D. 2015.

Fecha	pH	CE ds/m	Nitrato No3 mg/l	Nitrito No2 mg/l	Observación
29/01/2015	7.9	0.37	25.08	< LD	Agua del reservorio
29/01/2015	8.8	2.01	163.68	4.11	
25/02/2015	7.8	2.77	140.80	17.82	
31/03/2015	6.8	7.32	47.96	0.54	
24/04/2015	8.2	3.04	38.72	0.16	

< LD= menor que limite de tensión

En el período de evaluación del agua aplicada al experimento se determinaron volúmenes de 29,701.49 l/día/ha durante los primeros 45 días del ciclo, 35,750.75 l/día/ha en la etapa intermedia y 39,171.64 l/día/ha al final del ciclo, con volúmenes drenados de 2,920.90, 3,414.93 y 6,638.81 l/día/ha, respectivamente próximo al 12.1 % del volumen aplicado. (Tabla 9).

Tabla 9. Volúmenes de agua aplicados y drenados: experimento Evaluación de los niveles de nitrato y nitrito lixiviado en el agua de drenaje en el cultivo de tomate, IDIAF-KOPIA. Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R. D. 2015.

Área m ²	Mes	Evaluación por cama de siembra			invernadero completo		Volúmenes por hectárea de invernadero	
		Vapl l/día	Vdren l/día	% dren	Vapl l/día	Vdren l/día	Vapl l/día/ha	Vdren l/día/ha
2814	febrero	199.00	9.57	9.83	8,358.00	821.94	29,701.49	2,920.90
2814	marzo	239.53	22.88	9.55	10,060.26	960.96	35,750.75	3,414.93
2814	abril	262.45	26.45	44.48	11,022.90	1,868.16	39,171.64	6,638.81

Vapl = volumen aplicado

Vdren = volumen drenado

l/día = litro por día

ha = hectárea

Conclusiones

- El agua evacuada desde el invernadero de la estación experimental Arroyo Loro, presentó mayores niveles de nitrato que la utilizada para la fertirrigación, aumentando de 25.08 mg/litro y llegando hasta un nivel máximo de 163.68 mg/litro y concentraciones de nitritos que llegaron hasta 17.82 mg/l de agua.
- Los niveles superiores de nitrato y nitrito en las aguas evacuadas de las camas de siembra se registraron desde el inicio de la floración hasta el inicio de la fructificación, entre los 15 y 45 días del ciclo del cultivo, con valores de 163.68 y 140.80 mg/l de nitrato y contenido de 4.11 mg/l y 17.82 mg/l de nitrito, respectivamente.
- En la etapa media del cultivo, producción y cosecha, se registraron disminución en los contenidos de nitratos y nitritos del agua drenada desde la casa de cultivo, descendiendo los nitratos a valores que variaron entre 38.72 y 47.96 mg/l y los contenidos de nitritos a 0.54 y 0.16 mg/l.
- Los mayores peligros representados por los contenidos de nitratos y nitritos del agua drenada desde las casa de cultivo utilizada para las evaluaciones realizadas en esta investigación, se registraron entre los 15 y 45 días del ciclo del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*).
- El pH, parámetro importante para la nutrición y desarrollo de las plantas, se mantuvo con valores adecuados para el agua drenada, en la mayor parte del ciclo vegetativo, estando entre 6.5 y 8.5, excepto en la etapa inicial alcanzando un valor de 8.8.
- Los niveles de sales del agua drenada desde la casa de cultivo, reflejado por la conductividad eléctrica, sólo registraron valores superiores al rango deseado, 7.3 mg/l, en el período comprendido entre los 42 y 73 días del ciclo vegetativo, con valores adecuados que variaron entre 2.01 y 3.04 mg/l en el período restante del ciclo de cultivo.

- En las evaluaciones realizadas en este trabajo de investigación, donde se aplicaron entre dos y cuatro riego por día, se suministraron 29,701 litro de agua por día por hectárea de casa de cultivo, en el primer mes del ciclo, 35,750.75 l/día/ha durante el segundo mes y 39,172 l/día/ha en el tercer mes del ciclo, con un nivel de evacuaciones de agua desde la casa de cultivo de 9.83%, 9.55% y 16.85% de los volúmenes de aguas aplicados, respetivamente.
- El agua utilizada para riego con 25.08 mg/litro de nitrato, tenía un valor inferior al establecido por la, FAO y OMS, 50 mg/litro, para que el agua sea adecuada para el consumo humano, mientras que después de ser utilizada para el proceso productivo en casa de cultivo, en los momentos donde los contenidos de nitratos son mayores en las aguas drenadas 140.80 y 163.68 mg/l, superó aproximadamente tres veces lo establecido para agua potable, teniendo potencial el volumen de agua drenado para ser no apta para el consumo humano hasta 9,639 y 11,012 litro de agua con igual contenido de nitrato que la aplicada mediante el riego.
- Tomando como parámetro de referencia el nivel de nitrito permisible de la OMS, en el agua potable 0.5 mg/l. Por cada litro de agua drenado desde el invernadero con contenido de 4.11 mg/l de nitrito puede contaminar hasta 8.06 litro de agua para un volumen de 239,235 l/día/ha durante el primer mes del cultivo y durante el segundo mes cuando el agua drenada contenía 17.82 mg/l de nitrato, con potencial para contaminar hasta 35 litro de agua de la fuente hacia donde descarguen, para volumen de 1,251,276 l/día/ha.

Recomendaciones

- Realizar evaluaciones en las diferentes áreas de siembra bajo condiciones protegidas, invernaderos o casas de cultivo, de los niveles de nitrato y nitrito del agua evacuada desde las estructuras de producción y la posible contaminación de las fuentes de agua donde descargan las aguas de drenaje superficial o lixiviada hacia las fuentes subterráneas.
- Establecer puntos de monitoreo en fuentes de agua después de recibir descargas de las aguas procedentes de zonas con grandes áreas de producción bajo condiciones de invernadero.
- Optimizar el uso de agua y fertilizantes para reducir las cantidades evacuadas desde casas de cultivos o invernaderos.
- Realizar evaluaciones periódicas para determinar los niveles de nitrato y nitrito de aquellas fuentes de agua, que son utilizadas para consumo humano, después de recibir aguas procedentes de casa de cultivo o invernadero.

5.1.4. Evaluación de diferentes dosis de nitrógeno en el cultivo de tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*)

Resumen

En el valle de San Juan, R.D. se instaló un experimento de campo, en fecha 28 de octubre del 2015, con el objetivo de evaluar diferentes dosis de nitrógeno en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*), bajo condiciones de invernadero, ubicado en la estación experimental Arroyo Loro. Se escogió como tratamiento testigo la dosis de nitrógeno recomendada en el plan de fertirriego del Programa de Mercados Frigoríficos e Invernaderos, PROMEFRIN, del Ministerio de Agricultura. Recomendando 99.50 g/m³ de agua, 128.0, 135.75 y 142.25 g/m³, para los períodos de 1 a 6 semanas, 7ma, 8va semana y desde la novena hasta la vigésima semana, respectivamente. Los tratamientos alternativos fueron seis dosis de nitrógeno, tres con concentraciones superiores en 10%, 20 y 30% al tratamiento testigo y tres con las mismas proporciones inferiores al tratamiento testigo. Se utilizó un diseño de bloque completo al azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron, tamaño y peso de frutos, grado brix y rendimiento. Se evaluaron ocho cortes, obteniendo frutos de diámetro ecuatorial entre 58.82 y 82.90 mm, pesos que variaron entre 179.37 y 204.81 gramos, grado brix entre 4.17 y 4.43%, y rendimientos entre 49,925 kg/ha y 65,627 kg/ha. El mayor rendimiento correspondió al tratamiento aumentado en 30%, resultando superior a los rendimientos de las dosis de nitrógeno reducida en 30%, y a la aumentada en 10%, y estadísticamente igual a los de dosis aumentada en 20% y reducidas en 10 y 20% para un α inferior de 0.05.

Introducción

La provincia San Juan, que ocupa un área de 3,569.39 km² en el suroeste de la República Dominicana, tiene un gran potencial para diversificar su agricultura con cultivos hortícolas bajo condiciones de ambiente protegido para suplir el mercado local y exportación. En la provincia hay más de 30,000 productores con áreas de menos de 3 hectáreas que anualmente siembran leguminosas, arroz, batata y maíz, cultivos importantes para la seguridad alimentaria, pero con problemas de comercialización y bajos precios para el productor. El Estado Dominicano a través del Ministerio de Agricultura ha iniciado un programa con miras a mejorar las prácticas de manejo de los cultivos y la introducción de nuevos rubros y modalidades de siembra entre ellas la tecnología de producción en ambiente protegido (MEPyD y ONE 2016).

Vista la gran oportunidad que representa el sistema de producción bajo condiciones de casa de cultivo o invernadero para que productores del Valle de San Juan, puedan revertir el círculo vicioso que han representado para ellos los cultivos tradicionales y poder dar un salto al desarrollo e independencia económica, aprovechando la oferta y posibilidad de cambio de sistema de producción.

El IDIAF, como institución estatal encargada de la investigación agropecuaria y forestal en la República Dominicana y en cumplimiento de ajustar nuestro accionar

de generación, validación y transferencia de tecnologías a las exigencias del sistema de producción Agroforestal, principalmente del país y de manera muy especial de la provincia San Juan, hemos realizado trabajos de investigación bajo condiciones de ambiente protegido, entre ellos este referente a diferentes dosis de nitrógeno para el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*).

La disponibilidad óptima de todos los nutrientes ocurre en el rango de pH 6 - 6.5. El pH de la rizosfera determina la disponibilidad de fósforo, ya que afecta los procesos de precipitación/solubilización y de adsorción/desorción de los fosfatos. El pH también influye sobre la disponibilidad de micronutrientes (Fe, Zn, Mn) y la toxicidad de algunos de ellos (Al, Mn). El principal factor que afecta el pH en la rizosfera es la relación NH_4/NO_3 en el agua de riego, especialmente en hidroponía, sustratos inertes y en medios con bajo poder buffer, como suelos muy arenosos (Feigin *et al.*, citado por Usón *et al.* 2010).

El uso de contenedores para el cultivo en invernaderos permite la recolección de la solución nutritiva lixiviada y su comparación con la solución nutritiva entrante. Con el monitoreo del volumen lixiviado, pH, CE y concentración de los nutrientes en la solución lixiviada se puede determinar si se están aplicando los fertilizantes y el agua en exceso o en deficiencia y por lo tanto permite ir corrigiendo el régimen de fertirriego. El pH de la solución de lixiviación no debe ser superior a 8.5 y el pH del agua de riego se ajusta mediante la inyección de ácido. Cuando el pH del agua de lixiviación es más alcalino que 8.5, esto indica que el pH en la zona radicular alcanza valores que provocan la precipitación de fósforo y menor disponibilidad de micronutrientes. El ajuste se hace por medio de la relación NH_4/NO_3 de la solución de riego: si el pH se hace demasiado alcalino, se debe aumentar la proporción de NH_4 con respecto al NO_3 en la solución nutritiva y viceversa. El porcentaje de amonio no debe superar el 20% del total del nitrógeno aportado (Zaidan y Avidan 1997 citado por Ramírez 2007).

La solución nutritiva (SN) es parte fundamental en la hidroponía; de esta depende la magnitud y calidad de la producción. Los aspectos más importantes de la SN son: la relación mutua entre los aniones y entre los cationes, la concentración de nutrimentos expresada con la conductividad eléctrica (CE), el pH, la relación $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ y la temperatura. La relación mutua entre los aniones y entre los cationes debe corresponder a la que demandan las plantas, estas relaciones deben ser modificadas en las etapas fenológicas de tomate (*Solanum lycopersicum*). La CE influye en la nutrición de las plantas, a CE mayores que 6.0 ds m^{-1} se induce diferente absorción entre los nutrimentos y, por lo tanto, desbalance entre éstos; pero una CE menor que 2.0 ds m^{-1} , es deficiente, sobre todo en los lugares de temporadas frías. El pH de la SN determina la solubilidad de algunos nutrimentos, principalmente de P y Ca^{2+} , para evitar su precipitación el pH debe ser mantenido entre 5.5 y 6.0. La relación $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ afecta la calidad y la producción de frutos, la asimilación del NH_4^+ depende de la luminosidad; el N-NH_4^+ debe ser menor que 20 % respecto al N total. La temperatura de la SN influye en la absorción de nutrimentos y en el contenido de oxígeno disuelto, siendo la óptima 22°C . (Lara 2000).

Materiales y Métodos

El ensayo se instaló en el campo experimental de la Estación Experimental Arroyo Loro del Centro Sur del IDIAF, provincia San Juan, situada a una altitud de 419 msnm, localizada en la Latitud Norte 18° 48' y en la Longitud Oeste 71° 14', con precipitación media anual de 930 mm, temperatura promedio anual de 24.9° C y humedad relativa media anual de 71.3 % (SEA 1984, Bera 2000).

Metodología

Para el establecimiento del experimento de campo se utilizó un diseño de bloque completo al azar, con siete tratamientos y cuatro repeticiones, instalado dentro de una casa de cultivo, con área total de 2,814 m². El área experimental estaba constituida por siete camas de 38 metros de longitud separadas a 1.67 metros, ocupando un área total de 444.22 m². Cada cama representó un tratamiento y en ella se ubicaron las cuatro repeticiones correspondientes. Con longitud de bloque o repeticiones de siete metros, con 28 plantas por tratamiento, separadas a 0.25 m.

Las evaluaciones se realizaron en las seis plantas centrales del bloque para un área útil de 2.51 m². El riego se realizó con dos mangueras de goteo por cama, las cuales aportan 1.2 litros por hora cada 0.20 m, con caudal total de 456 l/hr/cama.

Para la aplicación de la dosis de nitrógeno se tomó como base y tratamiento testigo la recomendada en el plan general de fertirriego para el cultivo de tomate del Programa de Mercados Frigoríficos e Invernadero, PROMEFRIN, del Ministerio de Agricultura. Con dosis 99.5 gramos de nitrógeno por metro cúbico de agua desde la primera hasta la sexta semana, 128 gr por m³ durante la séptima, 135.75 g/m³ durante la octava semana y 142.25 gr de nitrógeno desde la novena hasta la vigésima semana, utilizando como fuentes Nitrato de calcio, Nitrato de potasio y Sulfato de amonio. Mientras que los tratamientos alternativos los constituían tres dosis de nitrógeno aumentadas en 10%, 20% y 30% el tratamiento testigo y otros tres con dosis reducidas en 10%, 20% y 30% del tratamiento testigo.

Las soluciones madres nitrogenadas del testigo fueron las mismas utilizadas, en la siembra comercial y se prepararon dos soluciones madres para 15 camas con demanda de 6.84 m³/h de agua y conteniendo una de ellas 6.97 kg. de nitrato de calcio y 0.68 kg de nitrato de potasio y otra con 0.93 kg de sulfato de amonio en 120 litros de agua, para ser aplicado desde la primera hasta la sexta semana en dosis de 60 litros/hora. Durante la séptima semana se aplicó una solución madre de nitrógeno que contenía 8.14 kg de nitrato de calcio, 2.05 kg de nitrato de potasio y otra 1.06 kg de sulfato de amonio en 120 litro de agua. En la octava semana la soluciones nitrogenadas contenían 8.72 kg de nitrato de calcio, 2.05 kg de nitrato de potasio y 1.12 kg de sulfato de amonio, mientras que para el periodo comprendido entre la novena y vigésima semana la soluciones nutritivas nitrogenadas contenían 4.19 kg de nitrato de calcio, 2.61 kg de nitrato de potasio y 1.20 kg de sulfato de amonio en 120 litros de agua y se suministraron en dosis de 60 litros/hora.

Los nutrientes se aplicaron utilizando un sistema de inyectores de fertilizantes tipo Venturi, compuesto por cinco inyectores para poder aplicar los tratamientos sin mezclar las fuentes nutritivas no compatibles. Utilizando un tanque con su Venturi para la aplicación de ácido fosfórico, otro para mezclar y aplicar los micronutrientes, en el tercer tanque se mezclaron el fosfato mono potásico, el sulfato de potasio y el sulfato de magnesio, un cuarto tanque fue para mezclar los nitratos de calcio y magnesio, mientras que en un quinto envase se preparó la solución de sulfato de amonio. Todas las soluciones madres se aplicaron en dosis de 60 litro por hora.

Para las aplicaciones de las dosis correspondientes a cada tratamiento alternativo se prepararon soluciones madre con concentraciones de cada fuente, equivalentes a cuatro veces la dosis requerida por litro de agua para cada riego y se aplicó 0.25 litros de la solución madre a la cama de siembra del tratamiento. Estas aplicaciones se realizaron mediante una cajuela construida en tubo de PVC con tres válvulas de cierre para poder fraccionar las dosis durante cada riego, si fuera necesario. Para el monitoreo de la efectividad de los nutrientes utilizados durante el ciclo del cultivo se realizó un análisis químico de los sustratos de los diferentes tratamientos, antes y después del experimento.

Manejo agronómico

El establecimiento del experimento inicio el 15 de septiembre del 2015, con la siembra de las semillas de tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*), del híbrido JR3 de crecimiento indeterminado, en bandejas llenas de sustratos bajo condiciones de ambiente protegido, en casa de posturas o producción de plántulas, lo que garantizó la obtención de plantas de buena calidad, vigorosas y sanas.

El trasplante y establecimiento del experimento de campo se realizó el día 28 de octubre del año 2015, en cama plástica con sustrato de paja de arroz, previamente desinfectado con bunema y formol, utilizando las dosis recomendadas. Tratando las plantas previo al trasplante con una solución de insecticida, fungicida, nematocida y un estimulante para el desarrollo de las raíces. Después de realizar el trasplante se aplicó un riego de 10 minutos, dejando las plantas en estrés por seis días sin hacer ninguna aplicación de agua. 15 días después de la siembra se inició la instalación de tutores con la colocación de hilos y anillos de amarre en los troncos de las plantas, dejando una guía por planta.

Posteriormente, se hicieron las envolturas de las guías y conjuntamente con esas labores se hicieron la poda de frutas y ramas. Durante el ciclo del cultivo las principales plagas que se presentaron fueron: *Bemisia tabaci*, *Tetranychus urticae*, *Polyphagotarsonemus latus*, Banks, *Frankliniella occidentalis*, *Spodoptera sp*, las cuales fueron controladas con productos químicos permitidos por la EPA. La cosecha se inició el 09 de enero del año 2016, cosechando las frutas pintadas y maduras, concluyendo el ciclo del experimento en fecha 02 de febrero, evaluando los primeros ocho cortes o cosecha, debido a que se aumentó la manipulación de las plantas lo que incrementaría el error experimental para las informaciones obtenidas a partir de ese momento.

Tabla 10. Dosis de nitrógeno recomendada en el plan de fertirriego de PROMEFRIN para el cultivo de tomate, bajo condiciones de ambiente protegido, San Juan de la Maguana, 2017.

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19	19	20
Fuentes	Dosis gr/m3																			
Nitrato de calcio	600	600	600	600	600	600	700	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
Nitrato de potasio	50	50	50	50	50	50	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Tabla 11. Dosis de nitrógenos comparadas en el cultivo de tomate, bajo condiciones de ambiente protegido, San Juan de la Maguana, 2017.

	Testigo	T1 +10%	T2+20%	T3+30%	T4 -10%	T5 -20%	T6 - 30%
Período semanas	Dosis de nitrógeno gr/m3						
1 - 6	99.50	109.45	119.40	129.35	89.55	79.60	69.65
7	128.00	140.80	153.60	166.40	115.20	102.40	89.60
8	135.75	149.33	162.90	176.48	122.18	108.60	95.03
9-20	142.25	156.48	170.70	184.93	128.03	113.80	99.58

Variables

Diámetro de frutos (mínimo, medio, máximo)	mm
Peso de frutos	(gramos)
Grado brix	%
Rendimiento	kg/ha

Resultados y Discusiones

En análisis químico realizado al sustrato antes de instalar el experimento de campo y después de concluidas las evaluaciones se determinó que el sustrato utilizado tenía pH alcalino antes de realizar la siembra con valor de 8.3, para las parcelas experimentales, valores que descendieron a niveles ligeramente ácido al concluir el experimento, variando entre 5.7 y 6.2.

Los contenidos de sales de los sustratos de las diferentes parcelas experimentales aumentaron de manera considerable, pasando de rango de entre 0.32 y 0.67 ds/m a valores comprendidos entre 0.90 y 2.0 ds/m. En los elementos nutritivos calcio y sodio se registraron descensos de los contenidos finales. Mientras que los contenidos de magnesio, potasio y fósforo aumentaron en el sustrato de las diferentes parcelas durante el período experimental (Tabla 11). Los contenidos de hierro, manganeso, cobre y zinc fueron superiores en el sustrato final que en el utilizado para establecer el experimento, además la materia orgánica mostró ligero aumento en la mayoría de las parcelas, exceptuando las correspondientes a los tratamientos testigo y al aumento de la dosis de nitrógeno en un 30%. (Tabla 11A).

Tabla 12. Características químicas del sustrato antes y después del experimento, Evaluación de diferentes dosis de nitrógeno en el cultivo de tomate de mesa, IDIAF-KOPIA, estación experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2016.

Trat.	ds/m									meq/100ml						ppm					
	PH			CE			Ca			Mg			K			Na			P		
	Ant	Desp	Dif	Ant	Desp	Dif	Ant	Desp	Dif	Ant	Desp	Dif	Ant	Desp	Dif	Ant	Desp	Dif	Ant	Desp	Dif
1	8.3	6.1	-2.2	0.46	2.0	1.54	4.02	3.47	-0.55	1.14	2.71	1.57	0.35	1.36	1.01	0.41	0.44	0.03	460	807	347
2	8.3	5.8	-2.5	0.36	1.50	1.14	3.92	2.69	-1.23	1.03	1.78	0.75	0.41	1.02	0.61	0.29	0.20	-0.09	428	689	261
3	8.3	5.9	-2.4	0.63	1.24	0.61	3.44	2.52	-0.92	1.10	1.67	0.57	0.44	0.99	0.55	0.54	0.21	-0.33	452	614	162
4	8.2	5.9	-2.3	0.40	1.39	0.99	5.16	2.39	-2.77	1.06	1.62	0.56	0.29	1.03	0.74	0.32	0.22	-0.1	431	627	196
5	8.3	6.1	-2.2	0.67	1.70	1.03	3.62	3.19	-0.43	1.21	2.20	0.99	0.41	1.25	0.84	0.49	0.27	-0.22	508	697	189
6	8.3	6.2	-2.1	0.32	0.90	0.58	3.82	2.54	-1.28	1.06	1.45	0.39	0.26	0.82	0.56	0.27	0.14	-0.13	445	534	89
Testigo	8.3	5.7	-2.6	0.33	2.15	1.82	3.67	3.24	-0.43	1.01	1.33	0.32	0.2	1.42	1.22	0.29	0.22	-0.07	398	459	61
Deseado	5 - 7			< 0.75			3.5 - 30			1.5 - 10			0.5 - 2.0			< 2.0			20 - 80		

Tabla 12A. Características químicas del sustrato antes y después del experimento "Evaluación de diferentes dosis de nitrógeno en el cultivo de tomate de mesa, IDIAF-KOPIA, estación experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2016".

Trat.	meq/100ml									ppm						%		
	CICE			Fe			Mn			Cu			Zn			Mo		
	Ant	Desp	Dif	Ant	Desp	Dif	Ant	Desp	Dif	Ant	Desp	Dif	Ant	Desp	Dif	Ant	Desp	Dif
1	5.92	7.98	2.06	12.0	57.0	45.0	16.4	75.0	58.6	2.9	4.2	1.3	9.0	23.0	14.0	0.63	0.68	0.05
2	5.65	6.24	0.59	12.3	59.0	46.7	15.4	69.5	54.1	4.2	4.3	0.1	7.0	23.0	16.0	0.39	0.68	0.29
3	5.52	5.39	-0.13	10.7	56.5	45.8	20.3	76.5	56.2	2.5	4.4	1.9	7.6	24.0	16.4	0.92	0.54	-0.38
4	6.83	5.79	-1.04	11.4	59.0	47.6	15.5	70.0	54.5	3.6	5.6	2.0	7.1	28.0	20.9	0.26	0.54	0.28
5	5.72	7.00	1.28	12.2	56.5	44.3	18.8	65.5	46.7	2.7	4.3	1.6	7.3	22.5	15.2	0.53	0.81	0.28
6	5.41	4.96	-0.45	13.5	47.4	33.9	15.6	72.5	56.9	4.2	3.9	-0.3	7.6	26.0	18.4	0.39	0.68	0.29
7	5.16	6.84	1.68	11.7	51.0	39.3	18.4	55.5	36.6	3.9	3.9	0.0	9.2	17.0	7.8	0.69	0.54	-0.15
Deseado	7 - 40			10 - 100			10 - 40			3 - 15			3 - 15			3 - 7		

La conductividad eléctrica (Ce) de las aguas drenadas desde las parcelas con diferentes dosis de nitrógeno varió entre 1.30 y 2.88 ds/m, en el transcurso de la primera quincena del experimento, con Ce promedio de 1.90 ds/m, para ese periodo del ciclo vegetativo, con mayores Ce promedios para las dosis aumentadas 20% y reducida en 10%. Mientras que los valores promedios inferiores de conductividad durante este período se registraron en las dosis aumentadas en 10%, reducida en 10% y en el tratamiento testigo (Tabla 12).

Durante la segunda quincena la Ce fluctuó entre 1.59 y 3.6 ds/m. Los mayores contenidos promedios de sales de las aguas evacuadas, 2.45 y 2.15 ds/m correspondieron al tratamiento testigo y a la dosis aumentada en 30%, respectivamente, con valores promedios mínimos 1.59 y 1.63 ds/m para la dosis de nitrógeno aumentada y reducidas en 20%, respectivamente (Tabla 12).

Durante la tercera quincena la conductividad eléctrica del agua drenada osciló entre 6.20 y 1.88 ds/m, con promedios mínimos de 2.47 y 2.78 ds/m registrados en los tratamientos con la dosis reducida en 30% y la dosis de nitrógeno aumentada en 10%

respectivamente. Correspondiendo los mayores niveles promedios de Ce 4.49 y 3.76 ds/m al tratamiento testigo y a la dosis de nitrógeno aumentada en 30% (Tabla 12).

En el transcurso de la cuarta quincena la Ce varió entre 1.87 ds/m y 7,66 ds/m, con promedios máximos de 4.41ds/m y 4.75 ds/m, correspondientes a las dosis de nitrógeno aumentada en 10% y a la dosis de nitrógeno recomendada por PROMEFRIN (tratamiento testigo) respectivamente. Promedios mínimos de 3.71 y 3.74 ds/m registrado en la dosis de nitrógeno reducida y aumentada en 30%, respectivamente (Tabla 12).

Para la quinta quincena la variación de la Ce estuvo entre 3.58 y 7.10 ds/m, con promedios máximos de 5.34 y 4.84 ds/m para los tratamientos testigo y la dosis de nitrógeno reducida en 10%, respectivamente, y promedios mínimos de 3.82 y 4.28 ds/m correspondientes a las dosis de nitrógeno reducida en 30% y aumentada en 20%, respectivamente (Tabla 12).

Tabla 13. Conductividad eléctrica y pH del agua drenada de cada tratamiento del experimento, Evaluación de diferentes dosis de nitrógeno en el cultivo de tomate de mesa, IDIAF-KOPIA, estación experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2016.

Fecha	CE ds/m	Tratamiento						
		1	2	3	4	5	6	7
Primera quincena del 4/11/15 al 08/12/15	Máxima	2.44	2.88	2.64	2.76	2.05	2.26	1.94
	Mínima	1.30	1.55	1.54	1.30	1.48	1.57	1.31
	Promedio	1.68	1.98	2.12	2.00	1.78	1.84	1.56
pH		7.04	7.12	6.61	7.17	6.92	7.30	7.21
Segunda quincena del 9/12/15 al 23/12/15	Máxima	1.80	1.84	2.53	2.08	1.99	2.08	3.60
	Mínima	1.43	1.44	1.78	1.48	1.43	1.43	1.83
	Promedio	1.64	1.59	2.15	1.78	1.63	1.64	2.45
pH		8.07	7.82	7.54	7.02	7.61	7.64	7.33
Tercera quincena del 4/12/15 al 07/01/16	Máxima	3.07	3.65	4.49	3.42	3.18	2.89	6.20
	Mínima	2.49	2.98	3.36	2.45	2.42	1.88	3.03
	Promedio	2.78	3.23	3.76	3.00	2.83	2.47	4.49
pH		7.12	6.97	7.01	7.01	7.07	7.33	6.85
Cuarta quincena del 8/01/16 al 22/01/16	Máxima	5.00	4.50	4.54	4.79	5.00	7.66	6.30
	Mínima	3.02	3.19	3.08	3.20	3.31	2.73	1.87
	Promedio	4.27	4.04	3.74	4.16	4.16	3.71	4.75
pH		6.24	6.58	6.81	6.53	6.59	6.91	6.47
Quinta quincena del 23/01/16 al 30/01/16	máxima	5.00	4.80	4.71	5.66	5.20	4.90	7.10
	mínimo	3.70	3.97	4.03	4.28	4.51	3.58	4.63
	promedio	4.67	4.28	4.52	4.84	4.82	3.82	5.34
pH		6.34	6.35	6.52	6.36	6.42	6.72	6.09

Los diámetros ecuatoriales de frutos de tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*), variaron entre 58.52 mm y 82.90 mm, con frutos grandes desde 80.0 hasta 82.9 mm, frutos mediano con diámetro entre 72.04 y 74.70 mm y frutos pequeños de diámetros que oscilaron entre 58.52 y 63.80 mm. El análisis estadístico no reveló diferencia estadística significativa para un α de 0.05, entre los diámetros de frutos obtenidos con los diferentes tratamientos de nitrógeno aplicados (Tabla 13).

Para los diferentes niveles de nitrógeno en estudio de comparación los pesos promedio de frutos de tomates variaron entre 179.37 g y 204.81 g. No se registraron diferencias estadísticas significativas entre los pesos de frutos para las diferentes dosis de nitrógeno sometidas a estudio de comparación para un α de 0.05 (Tabla 13).

Los valores de grado brix para los diferentes niveles de nitrógeno estudiados estuvieron entre 4.17 y 4.43 %, sin reflejarse en los análisis estadísticos diferencias significativas entre los grados brix de las diferentes dosis de nitrógeno, para un α de 0.05 (Tabla 13).

Los rendimientos de tomate (*Solanum lycopersicum*), obtenidos variaron entre 49,925.30 y 65,627.49 kg/ha. El menor rendimiento (49,925.30 kg/ha), se registró para el nivel de nitrógeno reducido en un 30%, mientras que el mayor se obtuvo con la dosis de nitrógeno aumentada en un 30%, reflejando el análisis estadístico diferencias significativas entre los rendimientos alcanzados con las diferentes dosis de nitrógeno, para un α de 0.05.

El rendimiento de 65,627.49 kg/ha correspondiente a la dosis de nitrógeno aumentada en un 30%, resultó estadísticamente superior a los rendimientos de 49,925.30 kg/ha obtenidos con dosis de nitrógeno reducida en 30%, a los 50,732.07 kg/ha de la dosis de nitrógeno testigo y a los 52,938.25 kg/ha del tratamiento de nitrógeno aumentada en un 10%, respetivamente y estadísticamente igual a los rendimientos obtenidos con las dosis de nitrógeno aumentada en 20% y reducidas en 10 y 20% (Tabla 13).

El rendimiento obtenido con la dosis de nitrógeno aumentada en 20%, 61,543.83 kg/ha resultó estadísticamente superior al rendimiento de 49,925.30 kg/ha obtenido con la dosis de nitrógeno reducida en 30% y estadísticamente igual a los rendimientos de tomate para los tratamientos de nitrógeno aumentados en 10% 52,938.25 kg/h y reducido en 10 y 20%, 57,808.77 y 60,677.29 kg/ha y a los 50,732.07 kg/ha del tratamiento testigo (Tabla 13).

Los rendimientos del tratamientos de nitrógeno aumentado en 10%, los obtenidos con las tres dosis de nitrógeno reducidas y lo del tratamiento testigo, resultaron estadísticamente iguales entre sí (Tabla 13).

Tabla 14. Componentes del rendimiento evaluados y rendimiento del cultivo en experimento, Evaluación de diferentes dosis de nitrógeno en el cultivo de tomate de mesa, IDIAF-KOPIA, estación experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2016.

Tratamiento	Diámetros de frutos (mm)			Peso de fruto (gr)	Grado brix %	Rendimiento kg/ha)
	máximo	mínimo	medio			
1	80.00	63.80	72.25	182.41	4.43	52,938.25 bc
2	82.90	59.82	74.70	201.25	4.40	61,543.83 ab
3	81.91	59.19	73.39	204.81	4.28	65,627.49 a
4	79.75	59.54	72.04	189.57	4.27	57,808.77 abc
5	81.10	58.52	73.53	186.66	4.17	60,677.29 abc
6	80.46	63.80	73.14	186.56	4.28	49,925.30 c
7(testigo)	80.91	61.85	72.41	179.37	4.26	50,732.07 bc

Conclusiones

Los niveles de pH del sustrato descendieron de 8.3, alcalino, a ligeramente ácidos, para todas las dosis de nitrógeno en estudio, con valores entre 5.7 y 6.2, los cuales están dentro del rango adecuado para favorecer la disponibilidad de los nutrientes para ser asimilados por las plantas.

Los contenidos de sales representados por la conductividad eléctrica, pasaron de valores menores de 0.75 ds/m en el sustrato utilizado a valores comprendidos entre 0.90 y 2.15 ds/m en los sustratos finales de los diferentes tratamientos, situación normal cuando se utiliza fertirriego en sustrato o hidroponía, ya que las sustancias nutritivas que se aplican contienen sales disueltas y para el cultivo de tomate la conductividad puede ser superior a 2.15, principalmente en la etapa productiva, sin afectar la fisiología de la planta, siendo recomendable niveles ligeramente salinos para mejorar la calidad de los frutos.

Los programas de fertirriego aplicados para las diferentes dosis de nitrógeno, mejoraron los contenidos de nutrientes de los sustratos de las diferentes parcelas experimentales, excepto los niveles de calcio, los cuales descendieron en todos los tratamientos comparados, hasta niveles inferiores a los deseados.

Los niveles de conductividad eléctrica del agua evacuada desde las camas de siembra, medidos en los monitoreo diarios, presentaron promedio general de 3.17 ds/m y variación entre 1.30 y 7.66 ds/m, con valores superiores a 3.5 ds/m de manera ocasional en algunas parcelas a partir de la tercera quincena. Los valores altos de Ce, indican los momentos en los cuales hay que aplicar medidas de control de sales en el sustrato, principalmente lavado mediante las aplicaciones de láminas de sobre riego o aplicación de riego sin fertilizantes o con dosis reducida.

Los niveles de pH, de las aguas drenadas desde las camas con valores entre 6.09 – 8.07 se consideran adecuados para el equilibrio y disponibilidad de los elementos nutritivos.

Los frutos obtenidos con las diferentes dosis de nitrógeno sometidas a estudio de comparación presentaron diámetro ecuatorial comprendido entre 58.52 y 82.90 milímetros, con peso desde 179.37 y 204.81 gramos y grado brix entre 4.17 y 4.43 %. Estos valores están dentro de los rangos considerados adecuados para cada una de esas características en frutos comerciales de tomate de mesa.

El rendimiento de la dosis de nitrógeno aumentada en 30%, 65,627.49 kg/ha, fue el más elevado, superando los 49,925.30 kg/ha, 50,732.07 kg/ha y 50,732.07 kg/ha obtenidos con las dosis de nitrógeno reducida en 30%, del tratamiento testigo y aumentada en 10%, respectivamente, y a la vez estadísticamente igual a los niveles de rendimiento de 61,543.83 de la dosis de nitrógeno aumentada en 20%, así como a los 60,677.29 kg/ha de la dosis reducida en 20% y a los 57,808.77 kg/ha obtenidos con la dosis reducida en 10%.

El rendimiento correspondiente a la dosis de nitrógeno aumentada en 20% (61,543.83 kg/ha) resultó estadísticamente superior al obtenido con la dosis reducida en 30%, 49,925.30 kg/ha, e igual a todos los demás.

El rendimiento de la dosis de nitrógeno reducida en 30 %, resultó siendo el inferior y estadísticamente igual a los obtenidos con las dosis aumentadas en 10%, reducidas en 10, 20 y 30%, así como al rendimiento del tratamiento testigo, para α de 0.05.

Recomendaciones

- Realizar estudio de validación para confirmar la firmeza de los resultados obtenidos.
- Evaluar los rendimientos del ciclo de producción completo e incluir análisis económico para definir los niveles de rentabilidad de las diferentes dosis de nitrógeno.
- Mantener el monitoreo continuo de pH y conductividad eléctrica de la solución nutritiva y del agua evacuada desde las camas de siembra para mantener niveles adecuados de ambos y realizar los ajustes necesarios para garantizar condiciones adecuadas para la asimilación de los nutrientes y el desarrollo de las plantas.

5.1.5. Evaluación de diferentes dosis de potasio en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*)

Resumen

Se instaló un experimento bajo condiciones de casa de cultivo, ubicada en la Estación Experimental Arroyo Loro, en el Valle de San Juan, R.D., el 28 de octubre del año 2015, con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes dosis de potasio en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*), aplicadas mediante fertirriego. Para conformar los tratamientos se tomó como testigo la dosis de fertilizante recomendada en el plan general de fertirriego del Programa de Mercados Frigoríficos e Invernaderos, PROMEFRIN, del Ministerio de Agricultura. Con dosis de potasio de 95.5 g/m³ de agua, 215.5, 281.5, 401.5 y 424.5 g/m³ de agua de riego, para los períodos de 1 a 4, 5 a 6 semanas, 7ma. Semana, 8va semana y desde la novena hasta la vigésima semana, respectivamente. Completando los tratamientos con otras seis dosis de potasio, tres de las cuales tenían concentraciones de potasio superiores en 10%, 20% y 30% al tratamiento testigo y otras tres con las mismas proporciones inferiores al tratamiento testigo. Se utilizó un diseño de bloque completo al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron tamaño de fruto, peso de fruto, grado brix y rendimiento. Se evaluaron ocho cortes, con frutos de diámetro ecuatorial entre 61.39 y 84.99 mm, peso de fruto que variaron entre 129.90 y 206.01 gramos, grado brix entre 4.15 y 4.27%, rendimientos entre 46,822.71 kg/ha y 58,944.22 kg/ha, sin reflejar los análisis estadísticos diferencias estadísticas significativas (para un α de 0.05) para las diferentes variables.

Introducción

La producción bajo ambiente protegido en República Dominicana ha tenido un crecimiento extraordinario en los últimos años relativo a la superficie cultivada, aumentando el área desde 2,946,319 m² en el año 2013 hasta 8,763,008 para el año 2014. Los cultivos más importantes para el 2014 fueron ají morrón, con producción de 658,241 quintales (correspondiente al 46.92% de la producción obtenida en ambiente protegido) y en segundo lugar en volumen de producción el cultivo de tomate de mesa, con 368,188 quintales, lo que representó el 26.24% del total producido bajo ambiente protegido en el año 2014 (MA 2015).

La agricultura bajo ambiente controlado requiere un manejo preciso de los factores que intervienen en el proceso productivo, entre ellos el agua de riego y los fertilizantes, siendo este último un factor primordial entre los componentes del costo de producción y tanto el agua como los elementos nutritivos tienen alta incidencia en los niveles de producción, la calidad de la cosecha y la rentabilidad del proceso productivo. El manejo preciso y eficaz del fertirriego es un elemento clave para el éxito del sistema de producción en invernadero, pretendiendo con este trabajo de investigación contribuir para aumentar la eficiencia de los fertilizantes de potasio aplicados mediante sistemas de riego presurizado bajo condiciones de ambiente protegido.

El Potasio (K) es un elemento muy móvil dada su solubilidad y baja afinidad por los ligandos orgánicos, por lo que fácilmente se intercambia. Es el catión más abundante de la vacuola y el citoplasma, con contenido entre 2,000 y 5,000 ppm en el xilema. Su principal función es la de osmoregulador e interviene en el mantenimiento de la turgencia de la célula, en la apertura y cierre estomático. El potasio también actúa como activador enzimático en más de 50 sistemas enzimáticos, que requieren una concentración elevada de K^+ en el medio; así, el K interviene en distintos procesos metabólicos fundamentales como la respiración, la fotosíntesis, y la síntesis de clorofilas. Estimula la formación de flores y frutos, aumenta la eficiencia del nitrógeno y el peso de los granos y frutos, haciendo a éstos más azucarados y de mejor conservación.

Las plantas con un suministro adecuado de potasio presentan una mayor resistencia a la sequía y a las heladas, al mantener la concentración salina de las células y regular debidamente la apertura estomática y el contenido de agua de los tejidos. El contenido de potasio en los cultivos es 2-5% de la materia seca (UAM 2015).

El potasio es el nutriente más importante que influye en la calidad de la fruta (Roorda van Eysinga 1966, Winsor y Long 1967, Adams *et al.* 1978 citado por Tjalling 2006). Los roles esenciales del potasio se encuentran en la síntesis de las proteínas, los procesos fotosintéticos y el transporte de azúcares de las hojas a las frutas. Un buen suministro de potasio sustentará, por consiguiente, desde el principio la función de la hoja en el crecimiento de la fruta y contribuirá al efecto positivo del potasio en el rendimiento y en el alto contenido de sólidos solubles (más azúcares) en la fruta en el momento de la cosecha. Aproximadamente entre 60-66% del potasio absorbido por la planta se encuentra en la fruta (Winsor *et al.* 1958 citado por Tjalling 2006). La acción del potasio en la síntesis de las proteínas refuerza la conversión del nitrato absorbido en proteínas, contribuyendo a una mejor eficiencia del fertilizante nitrogenado proporcionado.

El potasio es un catión que está involucrado en el mantenimiento del potencial osmótico de la planta (turgencia de la célula), una implicación de esto es el movimiento del estoma, la apertura estomática permite a las plantas intercambiar gas y agua con la atmósfera. Esto permite a las plantas mantener un estado adecuado de hidratación bajo las condiciones de stress como salinidad o escasez de agua. De hecho, el cultivo de tomate con un contenido alto de potasio generalmente muestra una eficiencia mayor de uso de agua, o sea, este consume relativamente menos agua que cultivos deficientes de potasio para producir la misma cantidad de biomasa. Además, el potasio está involucrado en procesos de maduración de la fruta tal como la síntesis del pigmento licopeno, que es responsable del color rojo del tomate. El potasio promueve un contenido alto de ácido, lo cual es esencial para un buen sabor de la fruta (Tjalling 2006).

La disponibilidad óptima de todos los nutrientes ocurre en el rango de pH 6.0 - 6.5. El pH de la rizosfera determina la disponibilidad de fósforo, ya que afecta los procesos de precipitación/solubilización y de adsorción/desorción de los fosfatos. El pH

también influye sobre la disponibilidad de micronutrientes (Fe, Zn, Mn) y la toxicidad de algunos de ellos (Al, Mn). El principal factor que afecta el pH en la rizosfera es la relación NH_4/NO_3 en el agua de riego, especialmente en hidroponía, substratos inertes y en medios con bajo poder buffer, como suelos muy arenosos (Feigin *et al.* 1980 citado por Usón 2010).

Las cantidades excesivas de fertilizantes en la solución nutritiva o en el sustrato pueden llevar a quemaduras, especialmente en las plantas jóvenes o plántulas de semilleros. Las quemaduras por salinización son el resultado de la desecación por daños a las raíces, resultando los altos niveles de sales más peligrosos en las épocas de altas temperaturas y radiación solar, lo que conduce a aumentar la demanda de agua de las plantas. En general los cultivadores de climas cálidos no deben tratar de seguir al pie de la letra los programas de fertilizantes utilizados en los climas fríos, ya que los mismos con frecuencia han demostrado ser excesivos en condiciones de climas cálidos. El daño a las raíces y tallos de las plantas causadas por la salinidad favorece la invasión por hongos y otros patógenos y la evaporación del agua deja depósitos de sal secos que pueden obstruir los emisores de riego. El control de los daños por salinización inicia con la formulación correcta de la solución nutritiva utilizada para fertirriego (Fertilización en el invernadero, s.f).

La solución nutritiva (SN) es parte fundamental de la hidroponía; de esta depende la magnitud y calidad de la producción. Los aspectos más importantes de la SN son: la relación mutua entre los aniones y los cationes, la concentración de nutrientes expresada con la conductividad eléctrica (CE), el pH, la relación $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y la temperatura. La relación mutua entre los aniones y los cationes debe corresponder a la que demandan las plantas, estas relaciones deben ser modificadas según las etapas fenológicas de tomate (*Solanum lycopersicum*).

La CE influye en la nutrición de las plantas, a CE mayores que 6 ds m^{-1} se induce diferente absorción entre los nutrientes y por lo tanto, desbalance entre éstos, pero una CE menor que 2 ds m^{-1} es deficiente, sobre todo en los lugares o temporadas frías. Para la germinación de la semilla de tomate sólo se debe emplear agua, y en el resto de fase de semillero debemos tener un pH en el agua de 5.5 y una CE de 1.5 a 3.0 ds/m , yendo de menor a mayor durante el tiempo que durará esta fase y que puede tener una duración según época del año de 3 a 7 semanas.

Para el cultivo del tomate en plantaciones hortícolas intensivas desde el trasplante hasta unos 10 días antes de la maduración del primer fruto, la CE oscilará entre 1.2 y 1.4 ds/m . debiendo oscilar entre 1.0 y 1.4 ds/m desde el período anterior hasta la recolección del primer fruto y finalmente, desde la recolección del primer fruto hasta concluir la cosecha, estos valores se elevan un poco, quedando entre 1.5 a 2.0 ds/m . Con respecto a las implicaciones que pueden tener las condiciones ambientales se recomienda en días cortos o con sol débil aumentar la CE 0.5 ds/m ; y en cuanto a la influencia del carácter estacional en la CE, se puede considerar como alta para el invierno, de 3.5 ds/m y baja en el verano, de 2.0 ds/m . Estimándose, según época y fase de crecimiento de la planta que la CE óptima en la solución nutritiva debe estar entre 2.0 y 4.0 ds/m , mientras que la del sustrato sería de 3.0 a 5.0 ds/m .

El pH de la SN determina la solubilidad de algunos nutrientes, principalmente de P y Ca_2^+ , para evitar su precipitación el pH debe ser mantenido entre 5.5 y 6.0. La relación $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ afecta la calidad y la producción de frutos, la asimilación del NH_4^+ depende de la luminosidad; el N- NH_4^+ y debe ser menor que 20 % respecto al N total. La temperatura de la SN influye en la absorción de nutrientes y en el contenido de oxígeno disuelto, siendo la temperatura óptima de 22° C. (Lara 2000).

La deficiencia de potasio tiene como consecuencias en el tomate: Rendimiento bajo de la planta, con heterogeneidad en el tamaño de las frutas, cuajado limitado, tomate pequeño e irregular madurez. Con relación a la calidad falta de color, fruta blanda sin firmeza, con limitada vida de anaquel y bajo solido soluble (grado brix), falta de acidez, partiduras de las frutas y susceptibilidad a la quemadura por el sol. Además, las plantas son más susceptible a la sequía, la salinidad y a los ataques de enfermedades fungosas (Tjalling 2006).

Este trabajo de investigación se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes dosis de potasio sobre el comportamiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*), clúster o de mesa, bajo condiciones de ambiente protegido o casa de cultivo, en el Valle de San Juan.

Metodología

Para el establecimiento del experimento de campo en fecha 20/10/15 se utilizó un diseño de bloque completo al azar, con siete tratamientos y cuatro repeticiones, instalando este en la mitad de un invernadero, ubicado en la Estación Experimental Arroyo Loro, con área total de 2,814 m². El área experimental estaba constituida por siete camas de 38 metros de longitud y separadas a 1.67 m, ocupando un área total de 444.22 m². Cada cama representó un tratamiento (Tabla 14) y en ella se ubicaron las cuatro repeticiones correspondientes dejando en ambos extremos cinco metros como borde libre. Con longitud de bloque o repeticiones de siete metros, con 28 plantas separadas a 0.25 m. Las evaluaciones se realizaron en las seis plantas centrales del bloque para un área útil de 2.51 m².

El fertirriego se realizó con dos mangueras de goteo por cama, las cuales aportaban 1.2 litros por hora cada 0.20 m, con un caudal total de 456 l/h/cama, realizando cuatro aplicaciones diarias de cinco minutos, durante los primeros 40 días del ciclo del cultivo, con un volumen de 152 litros de agua/cama. Tres aplicaciones de riego de 10 minutos entre los 40 y 75 días del ciclo vegetativo para un volumen de 228 litro/día/contenedor y cuatro aplicaciones de 10 minutos a partir de los 75 días después de establecido el cultivo, con volumen de agua aplicado de 304 litro/día/contenedor.

Las aplicaciones de fertilizantes se realizaron mediante la utilización de cinco inyectores tipo venturi, para suministrar los nitratos, sulfatos, micronutrientes, ácidos y uno adicional para el potasio, aportando cada venturi al sistema de fertirriego caudal de 60 litros/hora de las soluciones nutritivas, con conductividad eléctrica de 1.4 a 1.6 ds/m en los primeros 45 días y de 1.7 a 2.0 ds/m después de ese período.

Para la aplicación de las dosis de potasio se tomó como base y tratamiento testigo el plan general de fertirriego para el cultivo de tomate del programa de mercados frigoríficos e invernaderos, PROMEFRIN, del Ministerio de Agricultura, y otros seis tratamientos alternativos, tres de ellos constituidos por dosis de potasio superior a la del tratamiento testigo en proporción de 10%, 20% y 30% y otros tres tratamientos constituidos por dosis inferiores al tratamiento testigo en 10%, 20% y 30% respectivamente. Para el tratamiento testigo se prepararon soluciones madres con dosis de 50 gramos de nitrato de potasio por metro cúbico de agua, desde la primera hasta la sexta semana, 150 gramos por m³., durante la séptima y octava semana y 200 gramos de nitrato de potasio por m³ de agua entre la novena y vigésima semana, otra fuente de potasio contenida en el plan de fertirriego es el fosfato monopotásico en dosis de 125 gramos por metro cubico de agua, durante todo el ciclo del cultivo.

El sulfato de potasio es otra fuente que se aplicó en dosis de 60 gramos por metro cubico desde la primera y hasta el final de la sexta semana y dosis de 100 gramos por metro cúbico desde la séptima semana hasta el final del ciclo del cultivo. El cloruro de potasio se aplicó en dosis de 200 gramos por metro cubico de agua desde la quinta hasta la séptima semana y aumentando la dosis desde la octava semana hasta el final del ciclo a 400 gramos por m³ de agua aplicado.

La solución nutritiva del tratamiento testigo fue la misma utilizada, en la siembra comercial y se preparó una solución madre para 15 camas que contenía 0.69 kilogramos de nitrato de potasio, 1.71 kg de fosfato mono potásico y 0.82 kg de sulfato de potasio en 120 litro de agua, para ser aplicado desde la primera hasta la cuarta semana en dosis de 60 litro/hora. Durante la quinta y sexta semana se aplicó una solución nutritiva de potasio que contenía 0.69 kg de nitrato de potasio, 1.71 kg de fosfato mono potásico, 0.82 kg de sulfato de potasio y 2.74 kg de cloruro de potasio. La solución nutritiva para la séptima semana con 2.05 kg de nitrato de potasio, 1.71 kg de fosfato monopotásico, 1.37 kg de sulfato de potasio y 2.74 kg de cloruro de potasio, en 120 litro de agua, la cual se aplicó en dosis de 60 litro/hora.

En el transcurso de la octava semana la solución nutritiva preparada contenía 2.05 kg de nitrato de potasio, 1.71 kg de fosfato mono potásico, 1.37 kg de sulfato de potasio y 5.47 kg de cloruro de potasio, en 120 litro de agua, la cual se aplicó en dosis de 60 litro/hora, mientras que para el período comprendido entre la novena y vigésima semana la solución nutritiva contenía 2.74 kilogramos de nitrato de potasio, 1.71 kg de fosfato mono potásico, 1.37 kg de sulfato de potasio y 5.47 kg de cloruro de potasio en 120 litros de agua y se suministró en dosis de 60 litros/hora.

Para la aplicación de la dosis correspondiente a cada tratamiento alternativo se preparó una solución nutritiva con concentración de cada fuente equivalente a cuatro veces la dosis requerida por litro de agua para cada riego y se aplicó 0.25 litros de la solución nutritiva a la cama de siembra del tratamiento. Estas aplicaciones se realizaron mediante una cajuela construida en tubo de PVC con tres válvulas de cierre para poder fraccionar la dosis durante cada riego, si fuera necesario. Para referen-

cias de las cantidades de nutrientes utilizados para el ciclo del cultivo se realizaron análisis químicos de los sustratos de los diferentes tratamientos, antes y después del experimento.

Tabla 15. Dosis de potasio recomendada en el plan de fertirriego de PROMEFRIN para el cultivo de tomate.

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19	20
Fuentes	Dosis gramo/m3																		
Nitrato de potasio	50	50	50	50	50	50	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Fosfato monopotásico	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125
Sulfato de potasio	60	60	60	60	60	60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Cloruro de potasio					200	200	200	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400

Tabla 16. Dosis de potasio sometida a estudio de comparación, experimento evaluación de diferentes dosis de potasio en el cultivo de tomate, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2016.

Tratamientos en estudio	Testigo	T1 +10% >al testigo	T2+20% >al testigo	T3 +30% >al testigo	T4 -10% >al testigo	T5 -20% >al testigo	T6 -30% >al testigo
Período semanas	Dosis de potasio aplicada gr/m3						
1-4	95.5	105.05	114.6	124.15	85.95	76.4	66.85
5-6	215.5	237.05	258.6	280.15	193.95	172.4	150.85
7	281.5	309.65	337.8	365.95	253.35	225.2	197.05
8	401.5	441.65	481.8	521.95	361.35	321.2	281.05
9-20	424.5	466.95	509.4	551.85	382.05	339.6	297.15

Manejo Agronómico

El proceso de establecimiento del experimento se inició el 15 de septiembre del 2015, con la siembra de las semillas de tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*), del híbrido JR3, de crecimiento indeterminado, en bandejas llenas de sustrato bajo condiciones de ambiente protegido, en casa de posturas o producción de plántulas, lo que garantizó la obtención de plantas de buena calidad, vigorosas y sanas. El trasplante y establecimiento del experimento de campo se realizó el día 28 de octubre del año 2015, en cama plástica con sustrato de paja de arroz, previamente desinfectado con bunema y formol, utilizando las dosis recomendadas, tratando las plantas previo al trasplante con una solución de insecticida, fungicida, nematocida y aplicación de un estimulante para el desarrollo de las raíces.

Después de realizar la siembra se aplicó un riego de 10 minutos y luego dejando las plantas en estrés por seis días, sin hacer ninguna aplicación de agua. 15 días después de la siembra se inició la instalación de tutores con la colocación de hilos y anillos de amarre en los troncos de las plantas, dejando una guía por planta. Conjuntamente con esas labores y en los momentos requeridos se hicieron las envolturas de las

guías y poda de frutas. Durante el ciclo del cultivo las principales plagas que se identificaron fueron: *Bemisia tabaci*, *Tetranychus urticae*, *Polyphagotarsonemus latus*, *Frankliniella occidentalis*, *Spodoptera sp* las cuales fueron controladas con productos químicos permitidos por la EPA. La cosecha se inició el 09 de enero del año 2016, cosechando las frutas pintadas y maduras, concluyendo el ciclo del experimento el 02 de febrero del mismo año, evaluando los primeros ocho cortes del cultivo.

Los análisis químicos realizados antes de instalar el experimento al sustrato de paja de arroz quemada, utilizadas para la cama de siembra, tenían niveles de pH alcalinos con valores que oscilaban entre 8.1 y 8.3, los cuales se consideran altos para la disponibilidad de algunos nutrientes en el medio de desarrollo de las raíces. Los niveles de materia orgánica fueron bajos, con alto contenido de fósforo y medio de potasio. Los contenidos de calcio, manganeso, sodio y zinc estaban dentro de los rangos adecuados en el sustrato utilizado, con niveles bajos de hierro y magnesio. (Tablas 16 y 16A).

Variables a evaluar. Característica química del sustrato

Conductividad eléctrica	(ds/m)
Potencial de hidrogeno	(pH)
Tamaño de frutos	(min, medio, max)
Peso de fruto	gr
Grado brix	%
Rendimiento comercial	kg/ha
Rendimiento total	kg/ha

Resultados y Discusiones

Los resultados de los análisis químicos realizados al sustrato al concluir el experimento reportaron descenso en el pH, pasando de alcalino a ligeramente ácido, con valores que oscilaban entre 6.2 y 6.7 para los diferentes tratamientos, valores que se encuentran entre el rango considerado adecuado para la nutrición de las plantas, 5-7 según reporte de análisis realizados (Tabla 16).

El alto contenido de fósforo del sustrato utilizado entre 396 y 540 ppm, registró un aumento con valores que variaron entre 636 y 788 ppm, incrementando los excesos con relación al rango adecuado, considerado en el reporte de resultados de los laboratorios FERQUIDO, (Tabla 16).

Los contenidos de potasio mostraron mayores niveles en las parcelas donde se aumentó en 30% la dosis de potasio y donde se aplicó la dosis del tratamiento testigo, Pasando de 0.56 y 0.33 meq/100ml a 1.04 y 0.61 meq/100ml, respectivamente. Además, se registraron aumentos en los contenidos de potasio de los sustratos donde se aplicaron dosis de potasio reducidas en 30% y 10%, pasando de 0.21 y 0.33 meq/100ml a 0.36 y 0.40 meq/100ml, respectivamente, con descensos del contenido de potasio en las parcelas donde se aumentaron las dosis en 10% y 20%, al igual que en la parcela donde se redujo un 20 % a la dosis de potasio, (Tabla 16).

Los niveles de calcio del sustrato utilizado variaron entre 4.14 y 6.66 meq/100 ml y el sodio con valores entre 0.50 meq/100ml y 1.20 meq/100 ml descendiendo ambos en el sustrato al final del experimento, permaneciendo estos dentro de los niveles recomendables con valores entre 3.97 y 4.92 meq/100ml de calcio y sodio que varió entre 0.21 y 0.61 meq/100ml. Mientras que los contenidos de magnesio cambiaron de niveles deficientes entre 0.99-1.24 meq/100ml a niveles adecuados variando entre el rango 1.6-2.34 meq/100ml (Tabla 16).

Al concluir las evaluaciones se registró aumento favorable en el contenido de hierro pasando de niveles entre el rango 6.5-9.7 ppm a niveles superiores a 26.8 ppm. Los contenidos de manganeso y zinc fueron superiores en el sustrato al concluir el experimento. Con valores máximo de 74 y 25 ppm, respectivamente, ambos superando los rangos recomendados por los laboratorios donde se realizaron los análisis de referencia. Mientras que los bajos niveles de materia orgánica del sustrato utilizado con valores entre 0.13 y 0.66%, al concluir el experimento continuaron siendo bajos en todas las parcelas, variando entre 0.54 y 1.08 %, con aumento del contenido en la mayoría de los tratamientos excepto donde se aplicó el tratamiento testigo. (Tabla 16A).

Tabla 17. Características químicas del sustrato, antes y después de utilizado en el experimento Evaluación de diferentes dosis de potasio en el cultivo de tomate, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2016.

Trat.	mmho/cm									meq/100ml						ppm					
	pH			CE			Ca			Mg			K			Na			P		
	Ant	Desp	Dif	Ant	Desp	Dif	Ant	Desp	Dif	Ant	Desp	Dif	Ant	Desp	Dif	Ant	Desp	Dif	Ant	Desp	Dif
1	8.3	6.7	-1.6	0.74	1.53	0.79	6.65	4.79	-1.86	1.21	2.34	1.13	0.52	0.46	-0.06	0.82	0.61	-0.21	408	664	256
2	8.3	6.4	-1.9	0.42	1.08	0.66	6.66	4.34	-2.32	1.19	1.61	0.42	0.30	0.23	-0.07	0.50	0.25	-0.25	522	645	123
3	8.3	6.2	-2.1	0.97	1.73	0.76	6.24	3.97	-2.27	1.19	1.62	0.43	0.56	1.04	0.48	0.95	0.21	-0.74	396	636	240
4	8.3	6.6	-1.7	0.46	1.14	0.68	4.14	4.02	-0.12	0.99	1.63	0.64	0.33	0.40	0.07	0.52	0.36	-0.16	410	594	184
5	8.2	6.3	-1.9	1.06	1.41	0.35	4.69	4.59	-0.1	1.24	1.94	0.7	0.89	0.69	-0.2	1.20	0.33	-0.87	540	734	194
6	8.2	6.4	-1.8	0.37	1.63	1.26	5.68	4.19	-1.49	1.06	1.87	0.81	0.21	0.36	0.15	0.42	0.38	-0.04	525	719	194
Testigo	8.1	6.3	-1.8	0.47	1.71	1.24	5.03	4.92	-0.11	1.07	2.3	1.23	0.33	0.61	0.28	0.51	0.57	0.06	460	788	328
Deseado	5-7			< 0.75			3.5 - 30			1.5 - 10			0.5 - 2.0			< 2.0			20 - 80		

Tabla 17A. Características químicas del sustrato, antes y después de utilizado en el experimento evaluación de diferentes dosis de potasio para el cultivo de tomate, IDIAF-KOPIA, estación experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2016.

Trat.	meq/100ml									ppm						%		
	CICE			Fe			Mn			Cu			Zn			Mo		
	Ant	Desp	Dif	Ant	Desp	Dif	Ant	Desp	Dif	Ant	Desp	Dif	Ant	Desp	Dif	Ant	Desp	Dif
1	9.21	8.21	-1	6.5	27.5	21	14	52.5	38.5	2.4	4.6	2.2	7.50	23.00	15.5	0.53	0.54	0.01
2	8.65	6.43	-2.22	8.5	35.9	27.4	16.5	64.5	48	4.4	4.3	-0.1	11.50	23.50	12	0.39	0.95	0.56
3	8.94	6.84	-2.1	6.5	42.6	36.1	15.5	73	57.5	3.1	4.6	1.5	5.00	24.00	19	0.66	1.08	0.42
4	5.97	6.40	0.43	8.2	26.9	18.7	14.6	48.7	34.1	3.4	4.8	1.4	11.50	22.50	11	0.13	1.08	0.95
5	8.02	7.55	-0.47	9.7	41.9	32.2	16.1	73.5	57.4	4	4	0	8.10	22.50	14.4	0.39	0.81	0.42
6	7.37	6.80	-0.57	7.8	44.8	37	18.9	72.5	53.6	3.8	3.4	-0.4	9.00	21.50	12.5	0.79	1.08	0.29
7	6.93	8.40	1.47	7.3	46.6	39.3	15.2	74	58.8	2.8	5.2	2.4	9.00	25.00	16	0.79	0.54	-0.25
Deseado	7 - 40			10 - 100			10 - 40			3 - 15			3 - 15			3 - 7		

La conductividad eléctrica de agua lixiviada desde los contenedores de siembra osciló entre 1.27 ds/m y 4.75 ds/m, para las dosis de potasio mayores a la recomendada por PROMEFRIN (testigo). Con valores medios que oscilaron entre 1.79 y 2.70 ds/m cuando se aumentó en 10% la aplicación de potasio, entre 1.90 y 4.15, para la aplicación de potasio superior en 20% y cuando se aplicó dosis de potasio superior en 30% las conductividades eléctricas promedio estuvieron entre 2.01 y 2.95 ds/m. Mientras que para las dosis de potasio inferiores a la del tratamiento testigo las conductividades oscilaron entre 1.56 y 2.62 ds/m para la reducción de 10%, entre 1,94 y 2.84 cuando la reducción fue de 20% y la conductividad eléctrica promedio del agua lixiviada varió entre 1.7 y 2.27 cuando la dosis de potasio se redujo en 30%. Para la dosis del tratamiento testigo las conductividades eléctricas variaron entre 1.38 y 2.73 ds/m. En sentido general, para todas las dosis de potasio en estudio, las conductividades eléctricas de las aguas lixiviadas, mostraron comportamientos ascendentes desde el inicio hasta el final del período de evaluación experimental con valores promedios entre el rango 1.38-2.73 ds/m. En el pH se registraron valores ligeramente superiores a 8.5, (8.6) en algunas ocasiones del periodo del experimento (Tabla 17).

Tabla 18. Conductividad eléctrica del agua drenada desde cama de siembra en el experimento, evaluación de diferentes dosis de potasio para cultivo de tomate, IDIAF-KOPIA, estación experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2016.

Fecha	CE ds/m	Tratamiento						
		1	2	3	4	5	6	7
		Conductividad eléctrica ds/m						
24/11/2016 al 08/12/2016	Máxima	2.26	2.86	2.27	1.98	2.42	2.77	1.47
	Mínima	1.57	1.63	1.79	1.27		1.50	1.27
	Promedio	1.79	1.90	2.01	1.56	1.94	1.70	1.38
pH		7.9	8.0	8.3	7.7	7.9	7.5	8.2
09/12/2015 al 26/12/2015	Máxima	2.79	3.16	2.93	2.14	2.7	1.96	2.65
	Mínima	1.86	2.16	1.93	1.64	2.2	1.64	1.52
	Promedio	2.17	2.76	2.23	1.97	2.43	1.81	1.91
pH		8.5	8.6	8.6	8.1	8.6	8.3	8.5
27/12/2015 al 10/01/2016	Máxima	3.42	4.75	3.71	3	3.39	2.79	3.35
	Mínima	1.7	2.78	1.83	1.73	2.08	1.36	1.98
	Promedio	2.68	3.67	2.71	2.24	2.73	2.06	2.66
pH		8.4	8.6	8.4	7.4	8.5	7.4	8.4
11/01/2016 al 25/01/2016	Máxima	2.73	4.34	3.59	2.8	3.3	2.32	2.58
	Mínima	2.41	3.46	2.41	2.36	2.57	1.9	2.28
	Promedio	2.55	3.86	2.95	2.6	2.84	2.18	2.4
pH		7.7	8.2	7.6	7.0	7.7	7.1	7.9
26/01/2016 al 30/01/2016	máxima	3.3	4.24	3.01	2.75	2.87	2.31	3.73
	mínimo	2.32	4.08	2.89	2.5	2.67	2.25	2.42
	promedio	2.7	4.15	2.95	2.62	2.76	2.27	2.73
pH		6.8	7.5	7.0	6.7	7.2	6.8	7.6

Los diámetros máximo de frutos oscilaron entre 84.99 y 81.49 mm para los diferentes niveles de potasio estudiados, sin diferencias estadística significativa entre estos. Mientras que los frutos más pequeños alcanzaron diámetros entre 59.24 y 63.37 mm y frutos mediano con diámetros que variaron de 72.94 a 74.81 mm. Los análisis estadísticos no reportaron diferencias estadísticas significativas entre los diferentes diámetros de frutos, resultando iguales entre sí para los diferentes niveles de potasio estudiados, para un α de 0.05 (Tabla 18).

El peso promedio de fruto para las diferentes dosis de potasio estudiadas varió entre 195.71 y 206.01 gr, resultando los pesos de frutos estadísticamente iguales entre sí, ya que los análisis estadísticos no reportaron diferencias significativas entre los pesos de frutos de los diferentes tratamientos de potasio en comparación, para un α de 0.05 (Tabla 18).

El grado brix, parámetro que representa el contenido de sólidos solubles estuvo entre 4.15 y 4.27% valores que resultaron iguales estadísticamente (Tabla 18).

Los rendimientos comerciales alcanzaron valores que variaron entre 43,154 kg/ha y 54,203.19 kg/ha, con rendimientos totales mínimos para los ocho cortes realizados de 46,822.71 kg/ha y máximo de 58,944.22 kg/ha para los diferentes niveles de potasio en estudio, resultando tanto los rendimientos comerciales como totales para las diferentes dosis de potasio en estudio de comparación, estadísticamente iguales entre sí, ya que el análisis de varianza no reportó diferencia significativa entre los rendimientos, para un α de 0.05 (Tabla 18).

Tabla 19. Componentes del rendimiento evaluados y rendimiento del cultivo de las diferentes dosis de potasio, IDIAF-KOPIA, estación experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2016.

Tratamiento	Diámetros de frutos (mm)			Peso de fruto (gr)	Grado brix %	Rendimiento kg/ha)	Rendimiento total (kg/ha)
	máximo	mínimo	medio				
1	83.41	62.97	74.81	195.71	4.15	49,103.59	55,348.61
2	81.49	61.39	73.85	197.74	4.20	54,203.19	58,944.22
3	83.63	61.96	74.14	197.91	4.27	48,575.70	53,247.01
4	82.37	59.24	74.26	195.79	4.15	51,595.62	57,410.36
5	81.96	61.45	72.94	190.29	4.19	43,154.00	46,822.71
6	84.99	61.72	74.70	206.01	4.24	45,901.40	53,819.72
7	83.03	63.37	74.44	200.40	4.21	49,945.22	54,721.12

Conclusiones

- Las condiciones químicas de los sustratos mejoraron para todos los tratamientos, con pH que pasaron de alcalino entre 8.1 y 8.3 a ligeramente ácido, oscilando entre 6.2 y 6.7. Niveles adecuados para la disponibilidad y absorción de nutrientes.
- Los niveles de conductividad de las aguas evacuadas desde las camas de siembra variaron entre 1.27 y 4.24 ds/m y pH con predominancia no superior a 8.5, valores que se consideran adecuados para fertirriego en siembra del cultivo de tomate sobre sustrato.
- Los frutos evaluados con diámetros ecuatoriales entre 59.24 mm y 84.99 mm y grados brix con variación entre 4.15 y 4.27%, están entre los rangos considerados adecuados para frutos comerciales de tomates de mesa.
- El aumento y reducción, hasta en un 30%, de la dosis de potasio recomendada por PROMEFRIN, para el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero no produjo diferencia estadística significativa para α de 0.05, en los componentes del rendimiento evaluados, ni en el propio rendimiento del cultivo de tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*) en el Valle de San Juan.

Recomendaciones

- Realizar estudio de validación de las dosis de potasio comparadas en este trabajo de investigación, realizando evaluaciones del ciclo completo del cultivo e incluir análisis económico.

5.2. Generación de tecnologías para la fertirrigación adecuada bajo condiciones de campo abierto

5.2.1. Efecto de diferentes frecuencias de riego por goteo en las tensiones de humedad en el suelo y la productividad del cultivo de ají (*Capsicum annuum* L.) en el Valle de San Juan.

Resumen

Se instaló un experimento de campo, en la Estación Experimental Arroyo Loro del Valle de San Juan, R.D., en fecha 21 de noviembre de 2017, con el objetivo de evaluar la influencia de la frecuencia de riego por goteo sobre las tensiones de humedad en el suelo y la productividad del cultivo de ají (*Capsicum annuum* L.). Los tratamientos comparados fueron frecuencias de riego diario y cada 2, 4, 6 y 8 días. Para la distribución de los tratamientos y análisis de resultados se utilizó un diseño de bloque completo al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron tensiones de humedad en el suelo, número y peso de frutos cosechados, rendimientos por corte y rendimiento total. Los registros de tensiones de humedad en el suelo indican que los valores promedios mensuales de tensiones de humedad variaron entre 7.9 y 48.9 centibar, con tensiones superiores para la frecuencia de riego por goteo de ocho días e inferiores para aplicaciones diarias de riego. Para las evaluaciones de los componentes de rendimientos del cultivo se realizaron cinco cortes de frutos con totales que variaron entre 299 y 364 frutos. Pesos promedios de frutos entre 64.35 y 66.71 gramos y rendimientos totales del cultivo que oscilaron entre 16,549.50 y 19,656.00 kg/ha. Los análisis estadísticos no reportaron diferencias estadísticas significativas entre los rendimientos del cultivo y sus componentes evaluados, para un alfa de 0.05.

Introducción

El cultivo de ají ocupa el segundo lugar en superficie de siembra dentro de las especies hortícolas que se cultivan en el país en campo abierto, después de la cebolla. La superficie promedio de siembra es de 2,873 hectáreas en el período comprendido entre los años 2012 y 2016. La superficie mínima sembrada en ese período fue de 2,662 hectáreas correspondiente al año 2016 y máxima de 3,255 hectáreas correspondiente al año 2014 (MA 2017).

Los sistemas de producción, utilizando fertirriego en el cultivo de ají, principalmente con riego por goteo, han aumentados la superficie de siembra en la provincia San Juan, esto además de mejorar la eficiencia en el uso del agua, representa un factor importante para aumentar la productividad y calidad de la cosecha.

El sistema de producción con riego presurizado demanda mayores inversiones tanto en infraestructuras a nivel parcelario como en el manejo de los cultivos, requiriendo de mayor precisión que el sistema de riego por superficie y fertilización granulada para lograr mejorar las productividad, calidad de la cosecha y nivel de competitividad.

El tensiómetro es un equipo de medición de la humedad del suelo, que refleja el esfuerzo que han de realizar las raíces para extraer del suelo la humedad que demanda la planta. No mide el porcentaje de humedad en el suelo, sino que actúa como una raíz artificial; el suelo seco extrae líquido del tensiómetro produciendo un vacío parcial en el instrumento que queda reflejado en el vacuómetro. Cuanto más seco está el suelo, más alto es el valor registrado en el dial del vacuómetro.

Al humedecerse el suelo, como consecuencia de la lluvia o de un riego, el tensiómetro vuelve a absorber humedad del suelo, con lo que se reduce la tensión y el vacuómetro señala un valor inferior. Lectura de cero en el vacuómetro indica que el suelo ha alcanzado otra vez su máxima capacidad de retención de humedad y lecturas a partir de 70 cb, indican que la humedad en el suelo se aproxima al punto de marchitez permanente (Traxco 2009).

El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar la influencia de la frecuencia de riego por goteo sobre la productividad del cultivo de ají.

Materiales y métodos

El ensayo se instaló en el mes de noviembre del año 2017, en el campo agrícola de la Estación Experimental Arroyo Loro en San Juan de la Maguana, situada a una altitud de 419 msnm, localizada en la Latitud Norte 18° 48' y en la Longitud Oeste 71° 14', con precipitación media anual de 930 mm, temperatura promedio anual de 24.9° C y humedad relativa media anual de 71.3%. (SEA 1984, Bera 2000).

El suelo utilizado para el establecimiento del experimento de campo, es de textura arcillosa, con 58% de arcilla, 26% de limo y 16% de arena, con capacidad de campo de 23,38% y punto de marchitez permanente de 13.05% (INDRHI 2017).

La preparación de terreno se realizó con la utilización de implementos de tracción mecánica y se realizaron las labores de corte y cruce mediante el uso de rastra pesada Rome plow, pase de rastra y surqueo. La siembra del semillero se realizó el día 11 de octubre del año 2017, utilizando bandejas para la producción de las plántulas dentro de casa malla, sembrando semillas de ají tipo Cubanela del híbrido Biscayne. El ensayo de campo se estableció en el 21 de noviembre del mismo año, utilizando el método de trasplante, con un marco de plantación de 1.0 m x 0.30 m.

Los tratamientos bajo estudio fueron cinco frecuencias de riego por goteo aplicado a intervalos de 1, 2, 4, 6 y 8 días. Se utilizó un diseño de bloque completo al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental estaba constituida por cuatro hileras de 12 metros de longitud separadas a 1.0 m (48.0 m²), con dos metros de separación entre parcelas. El área experimental fue de 1,904.0 m². Las evaluaciones se hicieron en los dos surcos centrales de cada tratamiento, en una longitud de 6 m (área útil, 12 m²) dejando como borde 3.0 metros en ambos extremos.

La evapotranspiración potencial fue calculada utilizando el método de Penman-Monteith modificado, con la ayuda del programa cropwat, presentado por la FAO y usando los datos climatológicos de la estación meteorológica de la Estación Experimental Arroyo Loro.

Para calcular los requerimientos hídricos de las plantas se utilizó el factor de consumo de agua del cultivo de ají (Kc), obtenido mediante el método presentado por la FAO para un ciclo vegetativo de 125 días (Doorenbos y Pritt 1977).

Para la medición de las tensiones de humedad en el suelo se instaló un tensiómetro por tratamiento, a los cuales se le tomaron las lecturas diariamente antes de la aplicación de riego. Mientras que para medir las variables números y pesos de frutos, se realizaron cinco cortes o recolecciones de frutos de forma manual, haciendo el conteo y pesada de frutos obtenidos en el área útil de cada bloque o repetición.

El manejo agronómico de la plantación, se realizó siguiendo las recomendaciones técnicas que se aplican al cultivo de ají en el Valle de San Juan y aplicaciones de fertilizantes fundamentadas en las recomendaciones precedente de análisis químico realizado al suelo, consistiendo en 288 kg/ha de la fórmula 15-15-15 + 4S en aplicación pre siembra conjuntamente con un pase de rastra, una segunda aplicación de 360 kg/ha de la fórmula 16-8-16 + 4S entre 18 y 22 días después del trasplante y 144 kg/ha de sulfato de amonio 45 días después del trasplante (Ferquido 2017), realizando aplicaciones de fertilizantes foliares para el suministro de micronutrientes, principalmente. Para los controles de plagas y enfermedades se realizaron monitoreo registrando incidencia de gusano constancero, (*Spodoptera exigua*) mosca blanca, (*Bemisia tabaci*) y ácaro (*Frankliniella occidentalis*), las cuales fueron controladas con productos químicos permitidos por la EPA.

Variables

Tensiones de humedad en el suelo	cb
Número de frutos cosechados	ud
Peso de fruto	gr
Grado brix	%
Rendimiento por corte	kg/ha
Rendimiento total	kg/ha



Figura 7. Experimento de Campo, Efecto de diferentes frecuencias de riego por goteo en la tensiones de humedad en el suelo y la productividad del cultivo de ají, IDIAF – KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.

Resultados y discusiones

Los valores promedio de tensión de humedad en el suelo, a 30 cm de profundidad, durante el transcurso del mes de diciembre variaron entre 7.9 y 20.4 cb, con valor inferior para la frecuencia de riego diario y el más alto para la aplicación de agua cada 8 días. Mientras que los valores promedio de las tensiones de humedad para el mes de enero oscilaron entre 11.5 y 48.9 cb con tensión inferior para las aplicaciones diarias de agua y el superior para frecuencia de riego de cuatro días. Las variaciones de las tensiones promedio registradas en el mes de febrero oscilaron entre 8.5 y 31.8 cb, con valores inferiores para las aplicaciones de riego cada 4 días y la superior para aplicaciones de agua de riego cada 8 días (Tabla 19).

Los valores promedio de tensiones, registradas a profundidad de 60 cm, en los meses de diciembre y enero fueron inferiores a 20 cb para todas las frecuencias de riego estudiadas y en el mes de febrero promedio superiores a 30 cb sólo para las frecuencias de riego de cuatro y ocho días. (Tabla 19).

Tabla 20. Tensiones de humedad en el suelo registradas en experimento, Efecto de diferentes frecuencias de riego por goteo en la tensiones de humedad en el suelo y la productividad del cultivo de ají, IDIAF – KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.

Fecha		Lectura de tensiómetros 30 cm (cb/tratamiento)					Lectura de tensiómetros 60 cm (cb/tratamiento)				
		T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
Diciembre	Promedio	7.9	14.6	23.7	8.2	20.4	10.4	15.6	10.8	15.0	15.0
	Mínimo	3.0	4.0	2.0	2.0	7.0	6.0	10.0	8.0	2.0	10.0
	Máximo	20.0	20.0	-	17.0	46.0	17.0	17.0	13.0	19.0	18.0
Enero	Promedio	11.5	33.6	-	15.5	48.9	8.9	17.8	17.5	16.7	17.3
	Mínimo	7.0	20.0	-	7.0	34.0	5.0	15.0	12.0	14.0	7.0
	Máximo	18.0	48.0	-	32.0	64.0	10.0	22.0	23.0	19.0	20.0
Febrero	Promedio	8.8	8.5	-	28.0	31.8	1.8	18.4	50.3	28.8	34.1
	Mínima	0.0	2.0	-	0.0	12.0	0.0	14.0	46.0	18.0	15.0
	Máxima	18.0	12.0	-	52.0	58.0	8.0	24.0	56.0	48.0	47.0

Los promedios mensuales de temperatura durante el período diciembre 2017 a marzo 2018 variaron entre 22.5° C y 24.3° C, humedad relativa entre 58.0% y 79%, velocidad de viento de 2 y 3 km/día y evapotranspiración calculada que varía entre 2.35 y 3.47 mm/día en el periodo del experimento, con temperatura máxima promedio entre 29.7 y 31.6° C y con promedio de temperatura mínima mensual que oscilaron entre 14° C y 17.5° C (Tabla 20).

Tabla 21. Informaciones climáticas en el período del experimento, Efecto de diferentes frecuencias de riego por goteo en las tensiones de humedad en el suelo y la productividad del cultivo de ají, IDIAF – KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.

Mes	Temperatura Máxima °C	Temperatura Mínima °C	Temperatura Promedio °C	Humedad Relativa %	Velocidad del Viento km/día*	Etp mm/día
Diciembre	30.4	16.4	23.5	79.0	2.0	2.70
Enero	29.7	17.5	23.6	71.0	2.0	2.35
Febrero	31.1	14.0	22.5	59.0	2.0	2.96
Marzo	31.6	16.9	24.3	58.0	3.0	3.47

*Velocidad de viento a 2 m sobre el nivel del suelo. Fuente: Estación Experimental Arroyo Loro.

Para cuantificar las variables se realizaron cinco cortes o recolecciones de frutos, con cantidades de frutos que variaron para las diferentes frecuencias de riego estudiadas entre 28 y 42 en el primer corte, en el segundo corte se obtuvieron entre 71 y 88 frutos, cosechando entre 70 y 122 frutos por frecuencia de riego en el tercer corte, obteniendo entre 45 y 60 frutos en un cuarto corte y cantidades de frutos entre 55 y 73 en un quinto corte. Las cantidades totales de frutos cosechados en los cinco cortes realizados variaron entre 299 y 364 para las cinco frecuencias de riego por goteo sometidas a estudio de comparación (Tabla 21).

Tabla 22. Número de frutos cosechados en experimento, Efecto de diferentes frecuencias de riego por goteo en las tensiones de humedad en el suelo y la productividad del cultivo de ají, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.

Tratamientos	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Corte 5	Total
1	33	73	109	45	69	329
2	28	86	70	60	55	299
3	38	71	122	58	58	347
4	42	88	105	56	73	364
5	40	84	89	58	64	335

Los análisis de varianza indicaron no diferencias estadísticas significativas entre las cantidades de frutos cosechados para una $P \leq 0.05$.

El peso de fruto varió entre 44.82 y 89.73 gramos, entre la primera y quinta recolección con peso de frutos promedio que oscilaron entre 64.35 y 66.71 gramos para las frecuencias de riego por goteo comparadas. Los análisis de varianza no reflejaron diferencias estadísticas significativas entre los pesos de frutos de las diferentes frecuencias de riego (Tabla 22).

Tabla 23. Peso de fruto (gr) cosechado en experimento, Efecto de diferentes frecuencias de riego por goteo en las tensiones de humedad en el suelo y la productividad del cultivo de ají, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.

Tratamientos	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Corte 5	Promedio
1	76.93	88.85	65.77	45.67	56.33	66.71
2	76.69	89.73	60.53	48.58	51.26	65.36
3	85.83	88.98	58.84	44.82	53.11	66.32
4	74.37	83.48	62.69	47.26	54.80	64.52
5	71.87	81.77	64.17	52.06	51.87	64.35

Los rendimientos obtenidos en el primer corte variaron entre 1,789.75 y 2,693.25 kg/ha, con rendimiento entre 5,244.75 y 6,378.50 kg/ha en el segundo corte, obteniendo producción de frutos que oscilaron entre 3,597 y 6,006.50 kg/ha en el tercer corte, con rendimiento entre 1,677.25 y 2,433.50 kg/ha en la cuarta recolección de frutos y productividad entre 2,350.75 y 3,278 kg/ha en el quinto corte y rendimiento total que variaron entre 16,549 y 19,656 kg/ha para las cinco frecuencia de riego sometidas a estudio de comparación (Tabla 23).

Tabla 24. Rendimiento (kg/ha), IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.

Tratamientos	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Corte 5	Total
1	2,123.75	5,374.50	6,006.50	1,677.25	3,201.25	18,383.25
2	1,789.75	6,378.50	3,597.00	2,433.50	2,350.75	16,549.50
3	2,386.00	5,244.75	5,876.50	2,155.50	2,557.25	18,220.00
4	2,693.25	6,018.75	5,350.75	2,309.25	3,278.00	19,656.00
5	2,433.00	5,676.00	4,742.50	2,403.75	2,575.00	17,830.25

Los análisis de varianza no mostraron diferencias estadísticas significativas, para $P \leq 0.05$, entre los niveles de producción de los diferentes cortes y producción total obtenidas en las cinco frecuencias de riego por goteo, sometidas a estudios de comparación.

Conclusiones

- Los valores promedios mensuales de tensiones de humedad variaron entre 7.9 y 48.9 centibar, con tensiones superiores para la frecuencia de riego por goteo de ocho días e inferiores para aplicaciones diarias de riego.
- Las variables número, peso de frutos y rendimiento del cultivo, evaluadas para frecuencias de riego por goteo desde diaria hasta 8 días para el cultivo de ají, en suelo de textura arcillosa, no reflejaron diferencias estadísticas significativa.

Recomendaciones

- Realizar estudio de validación de las frecuencias de riego por goteo en suelo de textura arcillosa, confirmar las firmezas y poder realizar recomendaciones basadas en las informaciones obtenidas en este trabajo de investigación.
- Realizar estudios similares en diferentes tipos de suelo, zonas y épocas del año, para el cultivo de ají.

5.2.2. Efecto de la separación de laterales porta gotero en la productividad y rentabilidad del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) en el Valle de San Juan.

Resumen

Se instaló un experimento de campo, en la Estación Experimental Arroyo Loro del Valle de San Juan, R.D, en fecha 04 de diciembre de 2017, con el objetivo de comparar los rendimientos y rentabilidad del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) con diferentes separaciones entre laterales de goteo. Los tratamientos comparados fueron separaciones de laterales de 0.40, 0.50, 0.60 y 0.70 metros. Para la distribución y análisis de los resultados se utilizó un diseño de bloque completo al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron perímetro ecuatorial y peso de bulbo, rendimiento del cultivo y análisis económico. En las evaluaciones de los resultados se midieron los perímetros ecuatoriales de bulbos, que variaron entre 13.95 y 16.36 cm y peso promedio de bulbos entre 36.91 y 56.76 gramos. Sin reflejar los análisis de varianza diferencia estadística significativa para estas dos variables. Los rendimientos del cultivo oscilaron entre 17,142.86 kg/ha y 23,229.17 kg/ha, con mayor rendimiento para laterales de goteo a 0.40 metros, resultando estadísticamente igual a las separaciones de laterales de 0.50 y 0.60 metros, superando conjuntamente con el rendimiento de la separación de laterales de 0.5 metros al obtenido con la separación de 0.70. Al aplicar el análisis económico, de costos-beneficios a los rendimientos, se encontró que la mayor tasa marginal de retorno 15.73% correspondió al reducir los laterales de goteo de 0.60 a 0.50 metros, representando un beneficio adicional de 15.73 pesos por cada peso invertido en separación de laterales de goteo.

Introducción

La regional Suroeste del Ministerio de Agricultura ocupa el primer lugar en superficie de siembra del cultivo de cebolla, alcanzando el 45.7% (1,676 hectáreas), de las 3,668 hectáreas de la superficie sembrada a nivel nacional en el transcurso del año 2016, con rendimiento promedios de 15,576 kg/ha, (MA 2017).

En el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), aplicando técnicas mejoradas principalmente para el manejo del fertirriego se pueden aumentar sus productividades, calidad y rentabilidad, haciendo el cultivo más atractivo para los productores y a la vez aumentar la oferta para satisfacer el consumo local y poder competir en los mercados internacionales.

En los últimos años, las áreas con sistema de riego presurizado, principalmente goteo han aumentado en todo el país y en la provincia San Juan, en la actualidad se están estableciendo nuevos sistemas de riego presurizados y mejorando los existentes, principalmente en el municipio de Vallejuelo, zona agrícola que aporta gran cantidad de la oferta nacional de cebolla.

En la siembra de cebolla con riego por goteo, el marco de plantación y la separación de laterales de goteo representan componentes importantes del costo de produc-

ción. Tanto las semillas como la manguera para goteros son costosos y en tal sentido, se deben manejar con niveles de precisión que garanticen la optimización de la inversión en esos dos factores del proceso productivo del cultivo de cebolla. Del marco de plantación depende la cantidad de semilla que se utiliza para la siembra de cualquier rubro agrícola y en el caso de la cebolla, la semilla tiene un alto valor, por lo que resulta importante definir la separación entre hileras más conveniente para siembra directa, además del marco de plantación depende la separación entre los laterales porta gotero cuando se utiliza el riego por goteo, con separaciones que pueden oscilar entre 0.45 metros y hasta 0.8 metros, de lo que depende tanto la cantidad de manguera como el manejo del riego a nivel de finca. Para laterales a 0.45 metros se utilizan 1,397 metros de manguera porta gotero, mientras que para laterales a 0.80 metros sólo se requieren 786 metros por tarea, con diferencia de 611 metros de manguera por tarea, con valores que varían según el calibre o espesor de la manguera. Para la manguera 35 mil, espesor de pared de 0.875 mm el precio actual por metro es de RD\$13.57 y la manguera 8 mil, 0.20 mm de espesor tiene precio de RD\$3.96, representando diferencias en la inversión de 8,291.27 pesos por tarea entre laterales separados a 0.45 y 0.80 m utilizando manguera 35 mil y diferencia en el valor de las mangueras 8 mil de 2,419.56 pesos por tarea entre las separaciones de laterales de 0.45 y 0.80 metros.

El presupuesto parcial y el análisis marginal son metodologías utilizadas para obtener los costos, beneficios y tasa de retorno de tratamientos sometidos a estudio de comparación a nivel de finca (CIMMYT 1988).

La tasa mínima de retorno que se puede esperar de un desembolso realizado por un agricultor para aplicar nueva tecnología debe ser superior o igual a la sumatoria del costo del capital que se usa para financiar la práctica recomendada y el retorno mínimo obtenido en otro cultivo alternativo que según Perrin et al. (1976) citado por Reyes (2001), es de 40%.

Tanto la experiencia como la evidencia empírica han demostrado que, en la mayoría de las situaciones, la tasa de retorno mínima aceptable para el agricultor se sitúa entre el 50 y el 100%, principalmente para cultivos con ciclo no mayor a cinco meses. Si la tecnología es nueva para el agricultor y además requiere que éste adquiera nuevas habilidades, una tasa de retorno mínima del 100% constituye una estimación razonable y para tecnologías que representan sencillamente un ajuste de la práctica actual del agricultor, una tasa de retorno mínima hasta del 50% podría resultar aceptable (CIMMYT 1988).

Este trabajo de investigación tiene como objetivo comparar los rendimientos y rentabilidad del cultivo de cebolla con diferentes separaciones de laterales de goteo.

Materiales y métodos

El ensayo se instaló en el campo agrícola de la estación experimental Arroyo Loro, en San Juan de la Maguana, situada a una altitud de 419 msnm, localizada en la Latitud Norte 18° 48' y en la Longitud Oeste 71° 14', con precipitación media anual de 930 mm, temperatura promedio anual de 24.9° C y humedad relativa media anual de 71.3 %. (SEA 1984, Bera 2000, Valdez 2006).

La preparación de terreno se realizó con la utilización de implementos de tracción mecánica, realizando las labores de corte y cruce mediante el uso de rastra pesada Rome plow, pase de rastra y formación de cama para siembra con la utilización de un surcador.

La siembra se realizó de forma directa, con una sembradora manual, que distribuye la semilla en hilera a chorrillo, utilizando para la siembra semilla del híbrido Sivan H 222, por ser ésta la que más se siembra en la zona. Para la instalación del ensayo se usó un diseño en bloques completo al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Las unidades experimentales estaban compuestas por ocho hileras con separaciones de 0.20, 0.25, 0.30 y 0.35 metro, con cuatro laterales para riego por goteo distanciados a 0.40, 0.50, 0.60 y 0.70 metros y 12 metros de longitud. Las áreas de los tratamientos fueron 19.2 m², 24.0, 28.8 y 33.6 m², dependiendo de la separación entre laterales, con pasillo de 1.0 m entre tratamientos y área experimental de 691.2 m².

En el manejo de la plantación, se realizó una aplicación de fertilización pre siembra conjuntamente con el pase de rastra utilizando la fórmula 12-24-12 en dosis de 40 libra por tarea (288 kg/ha), una segunda aplicación de fertilizante 15-15-15 + 4S, en dosis de 253 kg/ha a los 35 días después de la siembra (DDS), y una tercera aplicación a los 65 DDS, utilizando como fuente, sulfato de amonio en dosis de 144.5 kg/ha.

Para el control de malezas se realizó una aplicación de herbicida paraquat previo a la germinación del cultivo 5 DDS y dos aplicaciones de herbicida post emergente utilizando como ingredientes activos Difenol éter-Oxyfluorfeny fenoxypropa quena-zofop. Además, se realizó un desyerbo manual.

Para la prevención y control de enfermedades se realizaron aplicaciones de fungicida con ingredientes activos, Dicarboximida-Iprodione, Benzanidazol-Carbendazim, Triazol y Mancozeb. El control de insectos se realizó mediante monitoreo y se utilizaron insecticida con ingredientes activos Cypermetrina, Dimetoato, Abamectina y Tiofosfato.

Las aplicaciones de riego se iniciaron inmediatamente después de la siembra, con un riego hasta la saturación del suelo, haciendo una reposición de humedad cuatros días después del primer riego, con la finalidad de garantizar la germinación de las semillas. Después de la emergencia de las plantas se aplicaron riegos con frecuencias de tres días, con tiempo de riego ajustados a las separaciones de laterales.

Para las evaluaciones de las variables se seleccionaron 5.0 m de las cuatros hileras centrales de cada parcela experimental, para áreas útiles de 4.0 m², 5.0 m², 6.0 m² y 7.0 m². La siembra se realizó el día 4 de diciembre del año 2017 y la cosecha de forma manual el 22 de marzo del año 2018.

El suelo utilizado para el establecimiento del experimento de campo, es de textura arcillosa, (58% de arcilla, 26% de limo y 16% de arena), con capacidad de campo de 23,38% y punto de marchitez permanente de 13.05% (INDRHI 2017).

El cálculo de evapotranspiración potencial se realizó utilizando el método de Penman - Monteih modificado, con la ayuda del programa cropwat, presentado por la FAO. Utilizando los datos climatológicos medidos diariamente en la estación meteorológica del campo experimental y para el cálculo del uso consuntivo se utilizaron los valores de Kc del cultivo de cebolla, obtenidos por el método recomendado por la FAO (Doorembos y Pritt 1977).

Los resultados sobre productividad del cultivo fueron sometidos a análisis económico, para los cuales se utilizó la metodología de presupuesto parcial recomendada por el CIMMYT, para obtener los costos, beneficios y tasa marginal de retorno de las diferentes separaciones de laterales de goteo sometidos a estudio de comparación (CIMMYT 1988).

Los tratamientos en estudio fueron separaciones de laterales de riego por goteo de 0.40 m, 0.50 m, 0.60 m y 0.70 m.

Las variables evaluadas fueron:

Perímetro ecuatorial de bulbos	cm
Peso promedio de bulbos	gr
Rendimiento	kg/ha
Análisis de costo beneficio	



Figura 8. Experimento de campo y bulbos cosechados en experimento, Efecto de la separación de laterales porta gotero en la productividad y rentabilidad del cultivo de cebolla, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.

Resultados

Los perímetros ecuatoriales de bulbos, correspondientes a las diferentes separaciones de laterales de goteo comparados, estuvieron entre 13.95 y 16.36 cm, sin reflejar los análisis de varianzas estadísticas significativas entre los perímetros de bulbos, para una ($P \alpha 0.05$) (Tabla 24).

Los pesos de los bulbos cosechados variaron entre 36.91 y 56.75 gramos, según el análisis de varianzas no se encontró diferencias estadísticas significativa, entre los pesos de bulbos obtenidos, para α de 0.05 (Tabla 24).

Los rendimientos obtenidos oscilaron entre 17,142.86 kg/ha y 23,229.17 kg/ha, con mayor rendimiento para la separación entre laterales de goteo de 0.40 metros, resultando estadísticamente igual a las separaciones de laterales de 0.50 y 0.60 metros, (Tabla 24).

Los análisis de varianzas indican que los rendimientos de los laterales separados a 0.40 y 0.50 metros, superaron a los obtenidos con la separación de laterales de 0.70 metros, para un α de 0.05 (Tabla 24).

Tabla 25. Perímetros de bulbos (cm), peso de bulbos (gr) y rendimiento (kg/ha) en experimento, Efecto de la separación de laterales porta gotero en la productividad y rentabilidad del cultivo de cebolla, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.

Separación de laterales (m)	Perímetros ecuatorial de bulbos (cm)	Pesos de Bulbos (gr)	Rendimientos kg/ha
0.40	13.95	36.91	23,229.17 A
0.50	15.15	43.95	22,500.00 A
0.60	16.36	56.75	18,958.33 AB
0.70	15.15	52.34	17,142.86 B

En el análisis económico se determinaron costos que variaron entre 76,728 y 111,286 pesos por hectárea y beneficios netos que variaron entre 820,297 y 1,107,129 pesos por hectáreas. Con costos y beneficios descendentes e inversamente proporcionales a la separación de los laterales de manguera porta gotero (Tabla 25).

Las tasas marginales de retornos correspondientes a las diferentes separaciones de laterales evaluadas variaron entre 1,573 y 173%, con mayor tasa de retorno para la separación de laterales de 0.50 metros, correspondiendo el menor beneficio neto a separación de laterales de 0.40 metros (Tabla 25 y Figura 9)

Tabla 26. Costo variable, beneficio neto y tasa marginal de retorno de diferentes separaciones de laterales de goteo en el cultivo de cebolla, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.

Separaciones de laterales (m)	Costo que varían RD\$/ha	Beneficio neto RDS/ha	Tasa marginal de retorno %
0.70	76,728	820,297	-
0.60	82,364	906,492	1,529
0.50	93,116	1,075,665	1,573
0.40	111,286	1,107,129	173

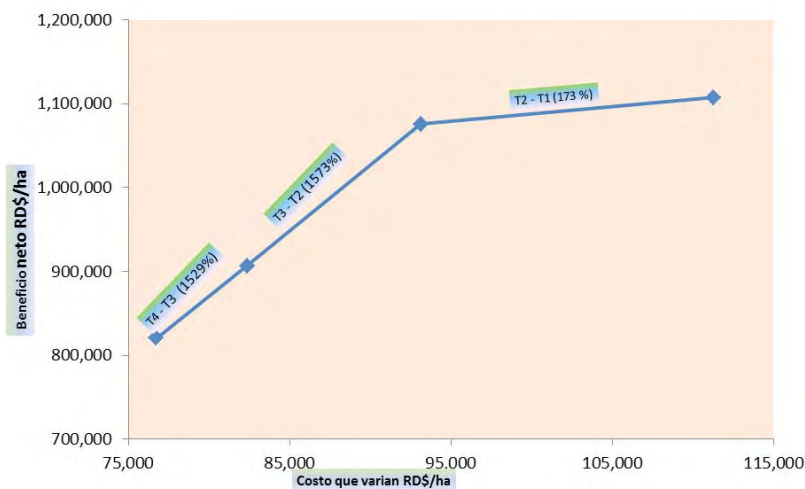


Figura 9. Tasa marginal de retorno en experimento, Efecto de la separación de laterales porta gotero en la productividad y rentabilidad del cultivo de cebolla, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.

Conclusiones

- En los análisis de varianza no se encontró diferencias estadísticas significativas, entre los perímetros ecuatoriales de los bulbos, al igual que para los pesos de bulbos.
- Los mayores rendimientos 23,229.17 kg/ha, correspondiente a la separación entre laterales de 0.40 metros y 22,500 kg/ha obtenido con laterales de goteo de 0.50 metros, fueron estadísticamente superiores a los 17,142.86 kg/ha obtenido en la separación entre laterales de 0.70 metros.
- El rendimiento de la separación de laterales de 0.60 metros, 18,958.33 kg/ha, resultó estadísticamente igual a todos los demás.
- Los menores costo variable y beneficio neto correspondieron a las separación entre laterales de 0.70 metros. Con incremento inversamente proporcionales a las separaciones de laterales.
- La tasa marginal de retorno al pasar de separación entre laterales de 0.70 a 0.60 metros fue de 1,529%, lo que representa un retorno de 15.29 pesos por cada peso invertido al reducir los laterales de 70 a 60 centímetros.
- Al reducir los laterales de goteo de 0.60 metros a 0.50 metros, la tasa de retorno alcanza un valor de 1,573%, lo que indica que por cada peso invertido para reducir los laterales desde 60 a 50 centímetros se obtiene un beneficio adicional de 15.73 pesos.

- Al calcular la tasa marginal de retorno para la reducción de la separación de laterales de 0.50 metros a 0.40 metros se obtuvo un valor de 173%, lo que representa un retorno adicional de 1.73 pesos por cada peso invertido al reducir los laterales de 0.50 a 0.40 metros, para regar el cultivo de cebolla.
- Los mayores rendimientos del cultivo de cebolla, se obtuvieron con la separaciones entre laterales de 0.40 y 0.50 metros, con mayor tasa marginal de retorno, 15.73 pesos por cada peso adicional invertido en manguera porta gotero, correspondiente a la separación entre laterales de 0.50 metros.

Recomendaciones

- Establecer parcelas de validación tecnológica a nivel comercial, con las separaciones de laterales comparadas.
- Basado en los resultados obtenidos en esta investigación, para siembra comercial del cultivo de cebolla con riego por goteo, se recomienda, colocar laterales porta gotero separados entre sí a 0.50 metros y 0.60 cm con hileras de planta separadas a 0.25 y 0.30 metros respectivamente con los cuales se obtienen buenos rendimientos y la mayores tasas de retorno de los recursos invertido en mangueras de goteo y semillas.

5.2.3. Evaluación de diferentes programas de fertirriego por goteo para el cultivo de ají (*Capsicum annum* L.).

Resumen

Se realizó un experimento de campo, en la Estación Experimental Arroyo Loro, Valle de San Juan, entre el 07 de marzo y el 31 de julio de 2018, con el objetivo de comparar diferentes programas de fertilización para el cultivo de ají (*Capsicum annum* L.), con riego por goteo. Los tratamientos fueron, T1, (programa de fertilización hidrosoluble recomendado según análisis de suelo), T2 (programa de fertilización hidrosoluble recomendado por FERQUIDO), T3 (programa de fertilización granulado, según análisis de suelo), T4 (programa recomendado por Transfer Agro). Para establecer el experimento se utilizó un diseño de bloque completo al azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron números y pesos de frutos, rendimientos y análisis económico. Los números de frutos cosechados solo presentaron diferencias estadísticas para un alfa de 0.05, en el tercer corte con cantidades entre 100.25 y 158 frutos, resultando el T4 superior al T3. Los totales de frutos oscilaron entre 521 y 671, sin encontrar diferencia estadística para alfa de 0.05. Los pesos de frutos solo mostraron diferencias estadísticas para alfa 0.05 en el segundo corte, con peso superior, 84.05 para el T4 e inferior 68.97 gramos para el T1. Los pesos promedios variaron entre 62.40 y 68.30 gramos, sin reflejar diferencia para alfa de 0.05. El mayor rendimiento, 53670.50 kg/ha del T4, resultó estadísticamente superior a los 41,417.90 kg/ha del T3, para alfa 0.05. La mayor tasa marginal de retorno corresponde al T4, con un 4,963%, indicando un retorno de 49.63 pesos por cada peso invertido en fertilizante.

Introducción

El cultivo de ají ocupa el segundo lugar en superficie de siembra dentro de los cultivos hortícolas que se producen en el país en campo abierto, después de la cebolla, con superficie promedio de siembra de 2,873 hectáreas en el periodo (2012 - 2016). La superficie mínima sembrada en ese periodo de 2,656 hectáreas correspondió al año 2016 y la máxima cantidad fue 3,255 hectáreas en el año 2014 (MA 2017).

En la ejecución del sub proyecto de investigación aplicada del Programa de Desarrollo Agrícola de San Juan (PRODAS), se realizaron varias investigaciones en el cultivo de ají (*Capsicum annum* L.), en los cuales se obtuvieron valiosas informaciones sobre diferentes practica de manejo agronómico: marco de plantación, manejo de plagas y enfermedades, manejo de riego por superficie y aplicación de fertilizantes (INDRHI 2001), las cuales han contribuido a mejorar el manejo del cultivo, al aumento de la productividad y calidad de los frutos.

En la provincia San Juan, se ha incrementado el área con sistema de riego y la aplicación de fertilizante mediante el fertirriego, sin embargo no se han realizados las investigaciones y validaciones de tecnologías necesarias para el manejo adecuado de esos sistema que bien manejado garantizan mayores eficiencias en el uso del agua, los fertilizantes y los diferentes factores que intervienen en el proceso productivo.

Este trabajo de investigación tiene como objetivo determinar el programa y dosis de fertilización más adecuada para el desarrollo, productividad y rentabilidad del cultivo de ají con riego por goteo bajo condiciones de campo abierto.

Materiales y Métodos

El ensayo se instaló en el mes de marzo del año 2018, en el campo agrícola de la Estación Experimental Arroyo Loro, en la provincia San Juan, situada a una altitud de 419 msnm, localizado en la Latitud Norte 18° 48' y en la Longitud Oeste 71° 14', con precipitación media anual de 930 mm, temperatura promedio anual de 24.9° C y humedad relativa media anual de 71.3 % (SEA 1984, Bera 2000).

La preparación de terreno se realizó con implementos de tracción mecánica y se realizaron las labores de corte y cruce con rastra pesada (Rome plow), pase de rastra y surqueo. La siembra del semillero se realizó en la primera quincena del mes de marzo del año 2018, utilizando bandejas para la producción de plántulas de ají, tipo cubanela del híbrido Biscayne, dentro de casa malla. El ensayo de campo se estableció en el mes de abril, utilizando el método de trasplante, con un marco de plantación de 1.0 m x 0.40 m.

Los tratamientos consistieron en: T1, programa de fertilización hidrosoluble recomendado basado en análisis de suelo (PFHAS), T2, programa de fertilización hidrosoluble recomendado por FERQUIDO ((PFHF), T3, programa de fertilización granulado, basado en análisis de suelo (PFGAS) y T4, Programa de fertilización hidrosoluble recomendado por Transferagro (PFHT), utilizando para todos los tratamientos sistema de riego por goteo.

Se utilizó un diseño de bloque completo al azar con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos. Los tratamientos estuvieron constituidos por cuatro hileras de 12 metros de longitud separadas a 1.0 metro entre ellas, ocupando cada parcela experimental área de 48.0 m², con dos metros de separación entre bloques. El área experimental ocupó una superficie de 1,080 m². Para las evaluaciones de las variables se eligieron 4.0 metros de las dos hileras centrales de cada tratamiento, dejando como borde 4.0 metros en ambos extremos.

Las aplicaciones de fertilizantes hidrosolubles se realizaron mediante inyectores tipo venturi, en dosis y frecuencias de aplicación recomendado en cada programa; mientras que los fertilizantes granulados conjuntamente con el pase de rastra, y las aplicaciones post trasplante se realizaron de forma manual en bandas incorporado al suelo, al lado de cada hilera de plantas y se aplicaron fertilizantes foliares para el suministro de micronutrientes, principalmente.

Para los controles de plagas y enfermedades se realizaron monitoreos registrando incidencia de gusano constancero, (*Spodoptera exigua*) mosca blanca, (*Bemisia tabaci*) y ácaro (*Frankliniella occidentalis*) principalmente, las cuales fueron controladas con productos químicos permitidos por la EPA, conjuntamente con fungicidas y bactericida de ingredientes activos, Dicarboximide-lprodione, Bencimidazol-piranosido y Ditiocarbamato—Mancozeb, para control y prevención de enfermedades.

Los tratamientos en estudio fueron cuatro programas de fertilización, tres aplicando fertilizantes hidrosolubles, mediante el fertirriego y otro utilizando fertilizantes granulado incorporado al suelo.

Tabla 27. Tratamientos

Tratamientos	Programa de fertilización	Fertilizantes y dosis para los tratamientos (libra/tarea)
T1	Hidrosoluble por análisis de suelo (Plantar)	Plantar P = 26.9, plantar N = 52, plantar K = 21.9 y plantar micronutrientes = 2.6 lb/ta). En primero 72 días del ciclo
T2	Programa hidrosoluble Ferquido (Plantar)	12-24-12 = 50 lb/ta pre siembra, Plantar P= 27lb/ta, Plantar N= 27 lb/ta, plantar balance= 18 lb/ta, Plantar K= 30 lb/ta y plantar micronutrientes = 7 lb/ta). En primero 72 días
T3	Granulado por análisis de suelo	15-15-15 +4 S = 40 lb/ta 8DDS, 16- 8-16 + 4S =50 lb/ta 20DDS, Sulfato de amonio 20 lb/ta 45 DDS)
T4	Programa Transferagro (Ultrasoles)	Ultrasol inicial = 5 lb/ta, ultrasol crecimiento = 12, Ultrasol desarrollo = 12, Ultrasol produccion = 32 y ultrasol multiproposito = 18 lb/ta. En primero 72 días del ciclo del cultivo.

Las variables evaluadas fueron

Número de frutos	ud (unidad)
Peso de fruto	gr
Rendimiento por corte	kg/ha
Rendimiento total	kg/ha

Resultados y Discusiones



Figura 10. Desarrollo de la plantación y frutos cosecha en experimento, Evaluación de diferentes programas de fertirriego por goteo para el cultivo de ají, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.

Los números de frutos promedios cosechados en los cinco cortes realizados a los diferentes tratamientos variaron entre 35.75 y 206 unidades, con cantidades ascendente desde el primer hasta el cuarto corte, para los diferentes tratamientos. Registrando diferencias estadísticas para Probabilidad de 0.05, sólo en el tercer corte, con número de frutos para los diferentes tratamientos que variaron entre 100.25 y 158 unidades, correspondiendo la mayor cantidad al T4, superando a la cantidad de frutos del T3, resultando ambos, estadísticamente iguales a las cantidades de frutos del T1 y T2 (Tabla 27).

Los totales de frutos cosechados en los diferentes programas de fertilización variaron entre 521 y 671 frutos, sin reflejar los análisis estadísticos diferencias significativas entre las cantidades de frutos cosechados, para una probabilidad de 0.05 (Tabla 27).

Tabla 28. Número de frutos cosechados (ud) en experimento, Evaluación de diferentes programas de fertirriego por goteo para el cultivo de ají, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.

Tratamientos	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Corte 5	Total
1	44.50	96.00	107.25 ab	172.00	122.75	543
2	47.75	90.25	131.00 ab	174.5	155.75	599
3	37.00	77.5	100.25 b	166.00	140.00	521
4	35.75	70.00	158.00 a	206.00	201.00	671

En las evaluaciones de los pesos de frutos se determinó que en el primer corte, no se registraron diferencias estadísticas significativas entre los pesos de frutos cosechados, para una alfa de 0.05. (Tabla 28).

En el segundo corte se registraron diferencias estadísticas significativas entre los pesos de fruto de los tratamientos P (0.05) resultando el T4 con el valor medio más elevado, 84.05 g, superando estadísticamente al T1 que presentó un valor de 68.97 g. Además, resultó similar a T2 y T3 que tuvieron pesos de frutos de 70.16 y 76.29 g, respectivamente (Tabla 28).

Los pesos de frutos obtenidos en el tercer, cuarto y quinto cortes no reflejaron diferencias estadísticas significativas entre los números de frutos cosechados en los corte para alfa de 0.05, al igual que para los pesos promedios de frutos, los cuales oscilaron entre 62.40 y 68.30 gramos (Tabla 28).

Tabla 29. Peso de fruto (gr) en experimento, Evaluación de diferentes programas de fertirriego por goteo para el cultivo de ají, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.

Tratamientos	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Corte 5	Total
1	58.80	68.97 b	68.29	56.27	59.66	62.40
2	64.31	70.16 ab	68.98	54.69	57.34	63.10
3	64.76	76.29 ab	76.26	60.81	63.34	68.29
4	62.75	84.05 a	76.53	62.83	55.34	68.30

Para la variable rendimiento en Kg/ha, por corte o cosecha; solo se registró diferencia estadística a una P (0.05) en el quinto corte resultando el T4 el rendimiento promedio más elevado con 15,069.50 Kg/ha; superando al T1 que presentó una media de 9,051.38 kg/ha. Los rendimientos de los tratamientos T2 y T3 resultaron iguales entre sí y a los obtenidos con en el T1 y T4 (Tabla 29).

Para la variable rendimiento total, el tratamiento T4 con productividad de 53,670.50 kg/ha, superó estadísticamente a una P (0.05) al T3 que tuvo una productividad de 41,417.90 kg/ha y resultó estadísticamente similar a los tratamientos T1 y T2, en los cuales se registraran productividades de 42,081.48 y 46,020.48 kg/ha, respectivamente.

Los rendimientos totales de los diferentes programas de fertilización sometidos a estudios de comparación variaron entre 41,417.90 y 53,670.50 kg/ha, con mayor rendimiento obtenido con el programa de fertilización hidrosoluble T4, el cual resultó estadísticamente superior al rendimiento de las aplicaciones de fertilizantes granulados, los cuales a su vez resultaron estadísticamente iguales a los rendimientos de los programas de fertilización hidrosoluble T1 y T2 (Tabla 29).

Tabla 30. Rendimiento (kg/ha) experimento, Evaluación de diferentes programas de fertirriego por goteo para el cultivo de ají IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.

Tratamientos	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Corte 5	Total
1	3,275.23	8,460.08	9,376.94	11,918.02	9,051.38 b	42,081.48 ab
2	4,087.06	7,671.58	11,213.7	11,442.77	11,605.71 ab	46,020.48 ab
3	2,571.98	6,898.08	9,242.19	11,900.44	10,805.63 ab	41,417.90 b
4	2,950.50	7,309.25	14,706.50	13,634.75	15,069.50 a	53,670.50 a

En el análisis económico se determinaron costos variables entre 17,726.45 y 69,060.92 pesos por hectárea. Con menor costo para el T3, aplicación de fertilizantes granulados, y costo superior para el programa de fertilización hidrosoluble T4, utilizando fertilizantes Ultrasoles (Tabla 30).

Los beneficios netos oscilaron entre 414,968.08 y 522,545.12 pesos por hectáreas, correspondiendo el menor beneficio al T1, con aplicaciones de fertilizantes hidrosolubles, recomendados por los resultados del análisis químico de suelo y mayor beneficio neto para el tratamiento T4 (Tabla 30).

Las tasas marginales de retornos fueron entre 49.21 y 385.13%, con mayor tasa de retorno para el tratamiento hidrosoluble T4 y menor para el tratamiento T2, registrando disminución en el beneficio neto, al cambiar de las aplicaciones de fertilizantes granulados al T1 (Tabla 30 y Figura 11).

Tabla 31. Costos variables, beneficios netos y tasa marginal en experimento, Evaluación de diferentes programas de fertirriego por goteo para el cultivo de ají, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.

Separaciones de laterales (m)	Costo que varían RD\$/ha	Beneficio neto RDS/ha	Tasa marginal de retorno %
T3	17,726.45	438,893.07	-
T1	48,893.03	414,968.08 D	-
T2	51,678.79	455,601.63	49.21%
T4	69,060.92	522,545.12	385.13%

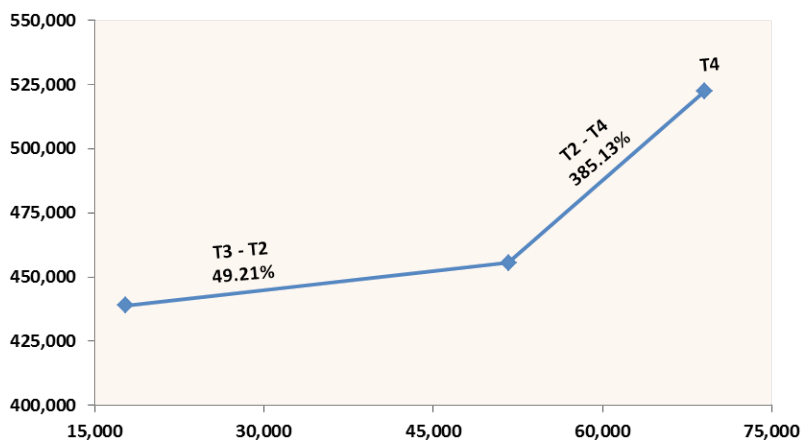


Figura 11. Tasa marginal de retorno en experimento, Evaluación de diferentes programas de fertirriego por goteo para el cultivo de ají, IDIAF-KOPIA, Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, R.D., 2018.

Conclusiones

- Los números de frutos por corte y total solo registraron diferencias estadísticas significativas en el tercer corte, con pesos que variaron entre 166 y 206 unidades, resultando el tratamiento T4, (Fertilizante, Ultrasoles) con el mayor número de frutos.
- En cuanto a peso de fruto promedio los tratamientos mostraron diferencias en el segundo corte, con frutos que pesaron entre 68.97 y 84.05 gramos. Determinándose que el tratamiento T4 a base de fertilizante hidrosolubles produjo el mayor número de frutos con 84.05.
- Los rendimientos obtenidos por corte, solo mostraron diferencia estadísticas en el corte 5 donde el T4 mostró un rendimiento de 15,069.50 kg/ha que resultó superior al rendimiento obtenido con el T1 (9,051.38) y estos a su vez iguales a los rendimientos de los tratamientos T2 y T3 con promedios de 11,605.71 y 10,805.63, respectivamente.

- El rendimiento total del programa de fertilización a base de fertilizantes, (T4) resultó superior a la aplicación de fertilizante granulado, con un rendimiento promedio de 53,670.50 kg/ha.
- La menor inversión en fertilización (17,726.45 RD\$/ha), correspondió a las aplicaciones de fertilizantes granulados (T3) y la mayor inversión en fertilización (69,060.92 RD\$/ha), correspondió para el programa de fertilización hidrosoluble (T4).
- Los menores beneficios netos se obtienen al pasar de las aplicaciones de fertilizantes granulados a los fertilizantes hidrosolubles recomendado por resultados de análisis de suelo, mientras que el mayor beneficio resultó al cambiar del programa de fertilización hidrosoluble T2, al programa hidrosoluble T4.
- El T1 fertilización hidrosoluble basado en análisis de suelo al requerir de mayor inversión en fertilizante que el T3 y aportar menores beneficios que éste, resultó dominado por el tratamiento anterior.
- La tasa marginal de retorno al pasar de las aplicaciones de fertilizantes granulado, T3, al programa de fertilizantes hidrosoluble, (T2), fue de 49.21%, aportando 0.49 pesos por cada peso invertido en fertilizantes.
- La mayor tasa marginal de retorno 385.13% se obtuvo al cambiar del programa de fertilización hidrosoluble T2 al Programa hidrosoluble T4, representando un retorno de 3.85 pesos por cada peso invertido en fertilización al cambiar de T2 a T4.

Recomendaciones

- Establecer parcelas de validación tecnológica, a nivel comercial para la comprobación de los resultados obtenidos en este trabajo de investigación
- En los sistema de riego por goteo hacer las aplicaciones post siembra mediante el fertirriego, ya que es menos tedioso y proporciona beneficios adicionales
- En aplicaciones de fertilizantes granulados, incorporarlos al suelo al lado de las hileras de plantas o en círculo
- Realizar análisis químico de suelo para determinar los nutrientes y niveles que deben ser aplicados al cultivo.

VI. CAPACITACIÓN Y DIFUSIÓN

Elaboración de informes trimestrales y anuales sobre las actividades realizadas dentro del marco del proyecto.

Realización de siete reuniones de trabajo con la participación de la gerencia de investigación, la unidad de planificación y seguimiento del IDIAF, la dirección y administración del Centro Sur y técnicos del proyecto, con la finalidad de definir estrategias para el manejo técnico y administrativo del proyecto, orientando los recursos hacia el logro de los objetivos.



Figura 12. Reunión de trabajo en el Centro Sur-IDIAF.

Realización del seminario: Introducción de la Industria de Hortalizas de Korea y la Producción de Vegetales en Ambiente Protegido, con las ponencias de técnicos Ph.D. de la República de Korea del Sur. Celebrado en la Estación Experimental Arroyo Loro, Centro Sur, IDIAF, San Juan de la Maguana, R.D.

Conferencia sobre proyecto de investigación KOPIA/IDIAF.

Conferencia Industria Hortícola de Korea y Técnicas de Producción de Vegetales en Invernadero.



Figura 13.- Vista de los participantes en seminario “Introducción de la Industria de Hortalizas de Korea y la Producción de Vegetales en Ambiente Protegido”.

Reunión de consulta del proyecto de Cooperación KOPIA, con la participación de técnicos del IDIAF y Comisión de Korea

Presentaciones de experimentos establecidos bajo condiciones de ambiente protegido en la Estación Experimental Arroyo Loro a técnicos del Centro KOPIA, RD.



Figura 14.- Vista de la Comisión de Korea del Proyecto de Cooperación KOPIA.

Celebración de día de campo “Presentación avances del proyecto y trabajos en ejecución a autoridades del sector agropecuario, representantes del KOPIA-RD, técnicos y productores”.



Figura 15. Vista de las actividades desarrolladas en el día de campo.

Presentación sobre avances del proyecto a comisión visitante desde Korea del Sur, representantes del KOPIA, República Dominicana y del IDIAF.



Figura 16. Vista de ponencias realizadas en la presentación de avances del proyecto.

Visita a Korea del Sur de técnicos involucrados en el proyecto para participar en entrenamiento sobre Manejo post-cosecha de cultivos hortícolas, celebrado en Jeonju del 13 al 16 de junio del año 2016.



Figura 17. Vista de los participantes en entrenamiento e intercambio en Korea del Sur.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Bera, M. 2000. Agropecuaria nacional, reto ante el nuevo orden internacional. Instituto de Investigación y Desarrollo Dominicano. Itesa. República Dominicana. 283 p.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México). 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D.F. 79 p.
- Doorenbos, J, Pruitt, WO. 1977. Las necesidades de agua de los cultivos. FAO Estudio de Riego y Drenaje No. 24, (rev.) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 144 p.
- Estación Experimental de Cajamar, España. 2005. Dosis de riego para los cultivos hortícolas bajo invernadero en Almería (en línea). 2 ed. Almería, España. Consultado 08 sept. 2015. Disponible en <https://www.publicacionescajamar.es/publicacionescajamar/public/pdf/series-tematicas/centros-experimentales-las-palmerillas/dosis-de-riego-para-los-cultivos.pdf>
- Fernández Hernández, JA; Benavente-García, AG. Módulo 26: El cultivo de tomate. Cultivo en suelo y en hidroponía (en línea) In II Master de Nutrición Vegetal en Cultivos Hortícolas Intensivos. Consultado 28 ago. 2016. Disponible en <https://santiagomaradiaga.files.wordpress.com/2013/11/26-cultivo-del-tomate-ja-fernc3a1ndez-a-gonzc3a1lez.pdf>
- Fernández, NR. 2005. Estudio de la concentración de nitratos, nitritos y amonio en el agua de consumo del Partido de Moreno-Provincia de Buenos Aires (en línea). Tesis Ing. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Flores. Consultado 14 oct. 2014. Disponible en <https://www.uflo.edu.ar/files/varios/volumen4/trabajo%204/TRABAJO.pdf>
- Ferquido (Fertilizantes Químicos Dominicanos, S.A.). 01 nov 2017. Reporte de análisis de suelos. Referencia OC48-17. Santo Domingo, República Dominicana.
- González Huiman, FS. 2011. Contaminación por fertilizantes: “Un serio problema ambiental” (en línea, blog). Consultado 14 may. 2016. Disponible en <http://fgonzalesh.blogspot.com/2011/01/contaminacion-por-fertilizantes-un.html>
- Imas, P. 1999. Manejo de nutrientes por fertirriego en sistemas frutihortícolas. In XXII Congreso Argentino de Horticultura (en línea). Internacional Potash Institute IPI. Tucumán, Argentina. Consultado jul. 2015. Disponible en <http://www.ipipotash.org/presentn/md-npfesf.html>
- INDRHI (Instituto Dominicano de Recursos Hidráulicos, República Dominicana); CEHICA (Centro para la Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos en los Estados Insulares del Caribe). 2017. Laboratorio de Suelo. Análisis físico de suelo No. 2017-407.
- INDRHI (Instituto Dominicano de Recursos Hidráulicos, República Dominicana); PRODAS (Programa de Desarrollo Agrícola en San Juan de la Maguana, República Dominicana); SEA (Secretaría de Estado de Agricultura, República Dominicana); Centro de Investigaciones Agropecuarias del Suroeste. 2001. Investigación aplicada en el área de cultivos agrícolas. Brioso, IA (ed.).
- InfoAgro. s. f. Nitrato en el agua de riego y suelo. Test Kit HI38050 (en línea, sitio Web). Consultado 24 nov. 2014. Disponible en https://www.infoagro.com/instrumentos_medida/medidor.asp?id=103&_nitrato_en_agua_de_riego_y_suelos_test_kit_hi_38050_tienda_on_line

- Junta de Castilla León; Agencia de Protección de la Salud y Seguridad Alimentaria. s. f. Los nitratos y los nitritos y el agua de consumo humano. Preguntas frecuentes y respuestas (en línea). Consultado 22 abr 2016. Disponible en <http://www.elaguapotable.com/Los%20nitratos%20y%20los%20nitritos%20y%20el%20agua%20de%20consumo.pdf>
- Lara Herrera, A. 2000. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía, 3. Terra 17(3):221-229. Consultado 15 dic. 2016. Disponible en <https://chapingo.mx/terra/contenido/17/3/art221-229.pdf>
- Lenntech BV. s. f. Nitratos. Nitratos en el agua potable: Efecto Sobre la Salud (en línea, sitio web). Consultado 25 oct. 2015. Disponible en <https://www.lenntech.es/nitratos.htm>
- López Hernández, JC, Pérez-Parra, J. s. f. Evolución de las estructuras de invernadero (en línea). Estación Experimental de la Fundación Cajamar 'Las Palmerillas'. Almería.es. Consultado 18 sept. 2015. Disponible en <http://www.publicacionescajamar.es/pdf/series-tematicas/centros-experimentales-las-palmerillas/evolucion-de-las-estructuras.pdf>
- MA (Ministerio de Agricultura, República Dominicana). 2017. Producción Bajo Ambiente Protegido, 2004-2016 (En quintales). Consultado 22 jul. 2017. Disponible en <http://agricultura.gob.do/category/estadisticas-agropecuarias/produccion-agropecuaria-2012-2018/5-1-produccion-agricola/>
- MA (Ministerio de Agricultura, República Dominicana). 2014. Producción Bajo Ambiente Protegido, 2004-2014 (En quintales). Consultado 02 oct. 2015. Disponible en <http://agricultura.gob.do/category/estadisticas-agropecuarias/produccion-agropecuaria-2012-2018/5-1-produccion-agricola/>
- MA (Ministerio de Agricultura, República Dominicana). 2016. Superficie Cultivada Bajo Ambiente Protegido por Provincia, 2009-2016 (En Metros Cuadrados). Consultado 14 sept. 2016. Disponible en <http://agricultura.gob.do/category/estadisticas-agropecuarias/superficie-sembrada-2012-2018/>
- MA (Ministerio de Agricultura, República Dominicana). 2017. Superficie sembrada anual por región. Consultado 22 jul. 2017. Disponible en <http://www.agricultura.gob.do/estadisticas/siembra-cosecha-y-produccion-agropecuaria/superficieanualsembrada>
- MA (Ministerio de Agricultura, República Dominicana); Programa de Mercados, Frigoríficos e Invernaderos (PROMEFRIN). 2006. Plan general de fertirriego. Tomate Clúster. Santo Domingo, República Dominicana.
- Martínez, JA. 04 feb. 2014. Nitrógeno y el síndrome del bebé azul (en línea, blog). I*Ambiente. España. Consultado 14 de nov. 2014. Disponible <http://www.i-ambiente.es/?q=blogs/nitrogeno-y-el-sindrome-del-bebe-azul>
- MEPYD (Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo, República Dominicana); ONE (Oficina Nacional de Estadísticas, República Dominicana). 2016. VIII Censo Nacional Agropecuario 2015. Precenso Nacional Agropecuario 2015: Informe de resultados (en línea). Consultado 10 nov. 2018. Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/FAO-countries/Republica_Dominicana/docs/Resultados_Precenso_Nacional_Agropecuario.pdf
- Navarro Gómez, CJ. 2013. Enfoque Integrado de las transformaciones de los compuestos nitrogenados inorgánicos del agua residual tratada durante el riego de las áreas verdes (en línea). Tesis de doctorado. Chihuahua, México. Centro de Investigación en Materiales Avanzados. Consultado 14 nov. 2014. Disponible en <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/572/1/Tesis%20Carmen%20Julia%20Navarro%20G%C3%B3mez.pdf>

- Ramírez Hernández, E. 2007. Monitoreo de N, P y K en extracto celular de peciolo e índice de crecimiento en tomate con fertilización orgánica e inorgánica en invernadero (en línea). Tesis Ing. Torreón, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Consultado 14 nov. 2015. Disponible en <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2078/TESIS%20%20ELIZABETH%20RAMIREZ%20%20HERNANDEZ.doc.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramos Miras, JJ. 2002. Estudio de la contaminación por metales pesados y otros procesos de degradación química en los suelos de invernadero del poniente almeriense. Tesis de doctorado. España, Universidad de Almería. Consultado 14 nov. 2015. Disponible en <http://www.diegomarin.net/ual/es/333-estudio-de-la-contaminacion-por-metales-pesados-y-otros-procesos-de-degradacion-quimica-en-los-suelos-en-los-invernaderos-del-p-9788482406596.html>
- Reyes Hernández, M. 2001. Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: Re-enseñando el uso de este enfoque (en línea). Boletín Informativo n.o 1. Universidad de San Carlos de Guatemala. Consultado 14 nov. 2014. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/334655730_Analisis_economico_de_experimentos_agricolas_con_presupuestos_parciales_Re-ensenando_el_uso_de_este_enfoque
- Sabelotodo. s.f. Portal virtual. Agricultura orgánica. Consultado 17 dic. 2016. Disponible en <http://www.sabelotodo.org/agricultura/generalidades/agriorganica.html>
- Sabelotodo. s.f. Portal virtual. Fertilización en el invernadero. Consultado 17 dic. 2016. Disponible en <http://www.sabelotodo.org/agricultura/generalidades/agriorganica.html>
- SEA (Secretaría de Estado de Agricultura, República Dominicana). 1984. Estudio de suelo del valle de San Juan. Clasificación y aptitud para uso y manejo. Subsecretaría de Recursos Naturales. República Dominicana. 178 p.
- Soto, J. s. f. Análisis de las estructuras de ambiente protegido y su desarrollo en la República Dominicana (diapositivas). Santo Domingo, República Dominicana. Diapositiva, color.
- Tabacos Manzanillo. 2008. Presupuesto de invernadero. IDIAF, San Juan de la Maguana, República Dominicana. División de Riego. Santo Domingo, República Dominicana. 18 p.
- Tjalling Holwerda, H. 2006. Guía de manejo nutrición vegetal de especialidad: tomate (en línea). SQM. Consultado 10 mar. 2016. Disponible en http://www.sqm-vitas.com/Portals/0/pdf/cropKits/SQM-Crop_Kit_Tomato_L-ES.pdf
- Traxco. 20 de ago. 2009. Tensiómetro Irrrometer, indica cuándo regar (en línea, blog). Zaragoza, España. Consultado 15 oct. 2017. Disponible en <https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/tensiometro-irrometer-indica-cuando-regar>
- UAM (Universidad Autónoma de Madrid). 2015. Aspectos relevantes del potasio en la planta (en línea). Madrid, España. Consultado 16 ene. 2016. Disponible en: <https://www.uam.es/docencia/museovir/web/Museovirtual/fundamentos/nutricion%20mineral/macro/potasio.htm>
- Usón Murillo, A; Boixadera Llobet, J; Bosch Serra, A; Martín AE. (ed). 2010. Tecnología de suelos: estudios de caso. Universidad de Lleida. Pressas Universitarias de Zaragoza. Zaragoza, España. 513 p.
- Valdez, K. 2006. Diez años de datos climáticos del valle de San Juan, 1993-2002. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Santo Domingo, República Dominicana. 22 p.

VIII. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Ambiente protegido: Casa de cultivo para la siembra de cultivos hortícolas

Adaptación: Proceso por el cual individuos, poblaciones o especies cambian de forma o función para sobrevivencia mejor en ciertas condiciones ambientales.

Agrícola: Que pertenece o se relaciona con la agricultura o con quien la ejerce. Referente a la agricultura, es decir al cultivo y cosechas de plantas o parte de ellas.

Agronomía: Ciencia o conjunto de conocimientos técnicos, económicos y sociales que aplicados a la agricultura, permiten mejorar y aprovechar sus recursos.

Agropecuario: Que pertenece o se relaciona con la agricultura y la ganadería.

Arar: Remover la tierra haciendo surcos en ella con el arado, que es un instrumento agrícola tirado por maquinas o animal.

Área: Superficie comprendida dentro de ciertos límites o espacio dado. Puede ser dada en diferentes unidades de medidas: tareas, kilómetros cuadrados, hectáreas, etc.

AV: Análisis de Varianza

Cb: Centibar

Ciclo vegetativo: conjunto de fenómenos que acontecen en el desarrollo vegetativo de las plantas y el complemento en el ciclo generativo o reproductivo.

CIMMYT: Centro Internacional del Mejoramiento de Maíz y Trigo.

Clima: Conjunto de condiciones atmosféricas o meteorológicas, como la temperatura, la humedad el viento, etc., que caracterizan una región cualquiera.

Comercio: Proceso necesario para mover los bienes, en el espacio y el tiempo del productor al consumidor.

Competitividad: Expresión utilizada para comparar la estructura de costos del proceso de, principalmente mano de obra, materias primas y tecnologías.

Consumidor: Todo agente económico que demanda bienes y servicios de consumo que produce la economía de un país para la satisfacción de sus necesidades.

Cosecha: Es la acción de desprender el fruto de la planta con fines de aprovecharlo.

Cultivar: Practicar labores de beneficio a la tierra y a las plantas, para que se desarrollen y fructifiquen.

Cultivo: Es toda clase de especie vegetal cultivada en un campo, generalmente con fines económicos.

DMS: Diferencia Mínima Significativa

Densidad: Relación existente entre el número de individuos de una especie o una forma de crecimiento, y la superficie de un lugar.

Enfermedades: Cualquier alteración patogénica o fisiológica de una planta que interfiere con su estructura normal, funcionamiento o valor económico.

ETP: Evapotranspiración potencial.

Exportación: Venta de bienes y servicios de un país al extranjero; es de uso común denominar así a todos los ingresos que recibe un país por concepto de venta de bienes y servicios sean estos tangibles o intangibles.

FAO: Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación.

FERQUIDO: Fertilizantes Químico Dominicano.

Fertirrigación: Aplicación de fertilizantes conjuntamente con el riego.

g = gramo

Grado brix: Es la concentración de azúcar en una fruta.

h = hora

Humedad relativa: Cantidad de agua, vapor de agua o cualquier otro líquido que está presente en la superficie o en el interior de un cuerpo en el aire.

INDRHI: Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos.

Invernadero: Estructura cubierta bajo ambiente controlado que se utiliza para diversos fines.

Irrigación: Acción y efecto de irrigar o regar. Conjunto de obras y operaciones destinadas a establecer o mejorar los sistemas de riego.

L = Litro

Labranza: Acción y efecto de labrar. Trabajo de surcar, arar, remover, etc., el terreno de la siembra, con el fin de proveer condiciones favorables para el crecimiento de las plantas.

Lixiviación: Es un proceso en el que un disolvente líquido pasa a través de un sólido.

MA: Ministerio de Agricultura

Maleza: Conjunto de plantas que invaden un espacio de terreno y cuya presencia es indeseable.

Mercado Frigoríficos: Funciona generalmente con suministro eléctrico y usa refrigeración para preservar los alimentos.

Microclima: Clima propio de un lugar o espacio reducido, provocado por la variación de las condiciones generales del clima en ese medio.

Monitoreo: La acción y efecto de monitorear.

Patógeno: Organismo que produce enfermedad infecciosa y transmisible.

Pesticidas: Sustancia química que sirve para combatir los insectos, enfermedades y malezas.

pH: Coeficiente que indica el grado de acidez y alcalinidad de una solución acuosa.

PROMEFRIN: Programa de Mercados Frigoríficos en Invernaderos.

Plaga: Abundancia de algo nocivo o dañino. Conjunto de insectos, ácaros y nematodos que dañan a los cultivos.

Producción: Proceso por medio del cual se crean los bienes y servicios económicos, necesarios para la satisfacción de las necesidades humanas.

Productividad: Relación entre el producto obtenido y los insumos empleados, medidos en términos reales. Mide la eficiencia con que se emplean en la producción los recursos de capital y de mano de obra.

Reconversión: Es el proceso y el resultado que consiste en modificar algo.

RDA: Rural Development Administration

Regar: Aplicar el riego al suelo por cualquier medio.

Rendimiento: Producto o utilidad de una cosa. Productividad.

Riego: Acción o efecto de regar. Agua disponible para regar. Operación que consiste en aplicar agua al suelo.

Riego goteo: Riego mediante el cual se riegan plantas a través de mangueras para optimizar el agua.

Riego presurizado: Sistema de riego por goteo y aspersión.

Rome plow: Equipo utilizado para la preparación de tierra para la siembra de cultivos agrícolas.

SEA: Secretaría de Estado de Agricultura.

Sembradío: Terreno que se dedica a la siembra. Terreno con plantas sembradas.

Semilla: Producto del óvulo fecundado y envuelto por una cubierta protectora, que sembrado en condiciones adecuadas, da origen a una nueva planta.

TYLCV: Virus del enrollamiento de la hoja amarilla del tomate (Tomato Yellow Leaf Curl Virus)

TSLCV: Virus del rizado del tomate

Tecnología: Conjunto de conocimientos, descubrimientos científicos, innovaciones, etc., que se aplican en un proceso productivo con el fin de mejorar la cantidad y/o calidad de la producción.

TCP/KOPIA: Proyecto Coreano sobre Agricultura Internacional

Tensiómetro: Es un dispositivo que se utiliza para la medición de la tensión referida a un cuerpo

Tractor: Maquina pesada de características y tipos diversos, que se mueve por medio de fuerza mecánica.

Vacuómetro: Mide con gran precisión presiones inferiores a la presión atmosférica.

TCP: Proyecto de Cooperación Técnica

Nota: última revisión: 01/07/2020



Proyecto de Cooperación Técnica-TCP/KOPI
Desarrollo de Tecnologías para la Gestión Sostenible de la Fertilización y
Diagnóstico de Enfermedades en los Cultivos de Hortalizas de Exportación en el
Entorno de Efecto Invernadero en San Juan, República Dominicana.

