



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA



Evaluación de la uniformidad del fertirriego en un ensayo de *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni y su relación con la nutrición de la planta

Tesista: Antonio Medina

Tutor: Roberto Villafañe

Maracay, Junio 2016



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA



Evaluación de la uniformidad del fertirriego en un ensayo de *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni y su relación con la nutrición de la planta

Antonio José Medina Rodríguez

Trabajo presentado como parte de los requisitos para optar al título de ingeniero Agrónomo Mención Ingeniería Agrícola que otorga la Universidad Central de Venezuela

Maracay, junio de 2016

Aprobación Del Trabajo De Grado Por El Jurado

Nosotros los abajo firmantes, miembros del Jurado Examinador del Trabajo de Grado, **“Evaluación de la uniformidad del fertirriego en un ensayo de *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni y su relación con la nutrición de la planta”**, cuyo autor es el bachiller **Antonio José Medina Rodríguez**, cédula de identidad **V-17.366.783**, certificamos que lo hemos leído y que en nuestra opinión reúne las condiciones necesarias de adecuada presentación y es enteramente satisfactorio en alcance y calidad como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Tutor – Coordinador

Prof. Roberto Villafañe

C.I. 2.144.038

Jurado Principal

Prof^a. Carmen Basso

C.I. 3.934.787

Jurado Principal

Prof. Humberto Moratinos

C.I. 7.282.231

Dedicatoria

Primeramente doy gracias a dios por darme la oportunidad de nacer y crecer colocando en mi camino personas con las que conté en los momentos buenos y en los más difíciles. Gran parte del aporte de este ensayo se lo dedico a todas aquellas personas que se puedan beneficiar de los resultados aquí mostrados. Se la dedico a mi Madre Luisa E Rodriguez R. siendo pilar fundamental de mi formación como ser humano en todas las áreas de la vida. De corazón y admiro la paciencia y esfuerzo que has hecho día a día para formarme como persona. Al amor de mi vida Maria Angelica Lampe Nuñez Te AMO.

Agradecimientos

Mi más profunda gratitud al Profesor, Roberto Villafañe Tutor y buen amigo, a usted profe gracias por toda su paciencia y por aquellos momentos de dedicación y todo lo que pudo dejarme de enseñanza en tan importante fase de mi vida. Mi agradecimiento a la Profesora Carmen Basso, por su labor de enseñanza y al Profesor Humberto Moratinos, por su colaboración en este proyecto.

Un Inmenso Gracias a mi Esposa por darme todo tu apoyo en todo momento, sé que este logro es tuyo también mi ingeniera por aproximación te amo gracias por tanto.

A la profesora y amiga Dayana Pérez un agradecimiento más que especial por todos aquellos gritos de amor y todo el apoyo en este momento de mi vida.

Un gran agradecimiento a todos mis compañeros amigos panas de las facultades de Agronomía y Veterinaria. Un Gracias enorme a mi hermano Antonio Javier por todo aquello que vivimos durante toda la carrera. Jesús D` lima (el prepa) hermano de mención amigo de corazón a ti las veces que me ayudaste en seguir adelante académicamente. Al aula 8 por los momentos de recreación durante mi camino por la UCV.

Resumen

En un ensayo de dosis de riego adelantado en la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, se realizó una evaluación de la uniformidad del riego y el fertirriego, en cada uno de los tratamientos. Las dosis de riego aplicadas correspondieron al 40, 60, 80, 100 y 120% de la evapotranspiración del cultivo. Estos tratamientos se arreglaron al azar en cuatro bloques. Cada tratamiento fue evaluado por separado, escogiendo en cada uno 24 goteros regularmente espaciados donde se recolectó el agua de riego. En ella se midió conductividad eléctrica (CE) y luego el volumen. Previamente se prepararon soluciones con la mezcla de los fertilizantes utilizados, para convertir las lecturas de CE a mg de fertilizantes aplicados por los goteros. Los volúmenes colectados y los valores de mg de fertilizante aplicados se sometieron a una prueba de uniformidad, aplicando la uniformidad estadística. Antes de la cosecha, en dos plantas de cada unidad experimental se tomaron porciones apicales para determinar nitratos por el método de reducción del cadmio. Paralelamente se estimó en campo el contenido relativo de clorofila con un equipo marca Konica Minolta, modelo SPAD502Plus, en ocho plantas de cada unidad experimental. Ambas variables se sometieron a análisis de varianza. De acuerdo con los resultados, la uniformidad del riego resultó excelente (mayor de 0,9) en todos los tratamientos mientras que la uniformidad en la aplicación del fertilizante resultó fue muy variable, excelente en todas las evaluaciones de los tratamientos de mayor dosis y de excelente a regular en las evaluaciones de los dos tratamientos de menor dosis. Los valores bajos de uniformidad estadística obedecieron a la insuficiencia del tiempo de riego para el pase total de la solución fertilizante. El contenido relativo de clorofila y nitrato resultaron estadísticamente similares en todos los tratamientos.

Palabras clave: uniformidad estadística, riego por goteo, fertirriego.

Tabla de contenido

Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Resumen	vi
Introducción	1
Objetivos.....	2
General:.....	2
Específicos:	2
Revisión de Literatura	3
Aspectos botánicos y agronómicos de la planta	3
Coeficiente de uniformidad (CU):.....	4
Uniformidad de distribución (DU):.....	4
Uniformidad estadística (Us):	5
Materiales y Métodos	6
Proyecto marco	6
Lugar del estudio	7
Características del sistema de riego y del área experimental.....	7
Manejo agronómico del cultivo	7
Recolección de agua en los goteros	8
Volumen aplicado y porcentaje de pérdidas	8
Uniformidad del riego.....	9
Relación de la conductividad eléctrica con los gramos de fertilizantes por litro.....	9
Uniformidad de aplicación de los fertilizantes	10

Contenido de nitrato y relativo de clorofila en plantas	10
Resultados y Discusión	11
Porcentaje de pérdidas de agua	11
Uniformidad del riego	12
Uniformidad de aplicación de los fertilizantes	13
Contenido relativo de clorofila y nitrato en plantas	14
Conclusiones	15
Referencias Bibliográficas	16

Tabla de Cuadros

Cuadro 1. Porcentaje de pérdidas ocurridas en cada evaluación.	11
Cuadro 2. Volumen promedio descargado por los goteros y uniformidad (Us) en la aplicación del agua de riego	12
Cuadro 3. Conductividad eléctrica, cantidad de NPK descargado y uniformidad (Us) en la aplicación de los fertilizantes.....	13
Cuadro 4. Contenido de relativo clorofila y nitratos en plantas.....	14

Tabla de Figuras

Figura 1. Esquema del ensayo de stevia a campo abierto y del sistema de riego.....	6
Figura 2. Curva patrón conductividad eléctrica – gramos por litro de fertilizantes	9

Introducción

El riego es la aplicación del agua a los cultivos cuando las lluvias no son suficientes y oportunas. Las nuevas tecnologías en esta materia se han centrado en mejorar la eficiencia y uniformidad de aplicación del agua.

Antes de realizar evaluaciones de eficiencia de aplicación del agua, deben iniciarse pruebas de uniformidad ya que en algunos casos la ineficiencia del riego puede deberse a la desuniformidad en la aplicación del agua, y cuando la fertilización se realiza en conjunto con el riego (fertirriego), la uniformidad de aplicación adquiere mayor relevancia por lo costoso de los fertilizantes y su efecto contaminante cuando se producen pérdidas.

La uniformidad, como componente de la gestión del riego, depende de muchos factores entre los que destacan la variabilidad espacial del suelo, la topografía del terreno, el clima, el método de riego y el manejo del agua; de allí que su abordaje es complejo. La uniformidad es un componente esencial tanto en las prácticas de riego normal como en aquellas donde el riego es deficitario controlado.

La dotación uniforme de agua y fertilizantes en la agricultura es posible en sistemas de riego bien diseñados, instalados y operados. Se debe asegurar la uniformidad durante toda la vida útil del sistema, lo que implica un monitoreo frecuente. Por esta razón se planteó estudiar la uniformidad del fertirriego en un ensayo de *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni conducido a campo abierto en la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, manejado con riego por goteo. Los resultados de este estudio permiten generar procedimientos para el uso eficaz del agua y los fertilizantes en dicho ensayo.

Objetivos

General:

- Evaluar la uniformidad de suministro de agua y fertilizantes en cinco tratamientos de riego aplicados en plantas de stevia y analizar su efecto sobre la nutrición nitrogenada de la planta.

Específicos:

- Determinar la uniformidad de aplicación del agua en cada tratamiento de dosis de riego y comparar su comportamiento entre tratamientos.
- Determinar la uniformidad de aplicación de la mezcla fertilizante en cada tratamiento de dosis de riego y comparar su comportamiento entre tratamientos.
- Determinar en cada tratamiento el contenido de nitratos en hojas y relacionarlo con las dosis aplicadas.

Revisión de Literatura

Aspectos botánicos y agronómicos de la planta

La stevia [*Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni] es una planta perenne perteneciente a la familia *Asteraceae*; crece como arbusto silvestre en la selva paraguaya-brasilera. Su tallo es subleñoso, erecto, pubescente; la raíz es pivotante filiforme y no profundiza, distribuyéndose en los primeros 20 cm del suelo; las hojas, elípticas, ovales o lanceoladas y algo pubescentes, presentan disposición opuesta en sus estados juveniles y disposición alterna cuando las plantas llegan a su madurez fisiológica, previa a la floración; las flores son hermafroditas, pequeñas y blanquecinas, dispuestas en capítulos pequeños terminales o axilares, agrupados en panículas corimbosas. La planta es auto incompatible (protandria), por lo que la polinización es entomófila (Brücher, 1986; Madan *et al.*, 2010).

La baja germinación de la semilla y su fácil propagación por esquejes son razones por las que su cultivo se realiza en pequeñas extensiones (Brandle *et al.*, 1998). La planta puede florecer entre los 54 y 110 días después del trasplante, dependiendo de la sensibilidad del cultivar a la duración del día. Esta especie es catalogada como de día corto. La cosecha debe realizarse justo antes de la floración, cuando el contenido de glucósidos en las hojas es máximo. Por otra parte, el rendimiento en hojas depende del cultivar y de la densidad de siembra; una densidad excesiva puede ser contraproducente (Brücher, 1986; Herrera *et al.*, 2012; Madan *et al.*, 2010).

Los mayores rendimientos en hojas se logran cuando la planta es regada al 100% o más de la evapotranspiración del cultivo (González *et al.*, 2002; Lavini *et al.*, 2008; Starzec, 2015; García, 2015)

Aun cuando la planta de stevia crece de manera natural en suelos de baja fertilidad, responde muy bien a una fertilización moderada cuando se maneja como cultivo anual. Los

requerimientos por hectárea podrían estar en 105 kg de N, 23 kg de P y 180 kg de K para una producción de biomasa aérea de 55500 kg ha⁻¹ (Brandle *et al.*, 1998).

Índices de uniformidad del riego

Entre los índices utilizados para evaluar la uniformidad del riego están: el coeficiente de uniformidad de Christiansen (CU), la uniformidad de distribución (DU) y la uniformidad estadística (Us). La condición que deben cumplir los datos para utilizar estos índices es que cada observación debe representar igual área (Christiansen, 1942; Kruse, 1978; Wilcox y Swailes, 1947; Bralts *et al.*, 1987).

Coeficiente de uniformidad (CU):

Christiansen (1942) desarrolló este índice para evaluar la uniformidad de aplicación del agua en riego por aspersión. Su expresión es:

$$CU = 1 - \frac{\sum x}{n m}$$

donde:

$\sum x$ sumatoria de los valores absolutos de las desviaciones de las observaciones respecto a la media

n número de observaciones

m media de todas las observaciones

Este índice ha sido utilizado en diferentes métodos de riego y según Rodrigo *et al.* (1992), los valores que arroja son similares al cociente entre el promedio del 50% de los valores más bajos observados y la media del 100% de las observaciones.

Uniformidad de distribución (DU):

Kruse (1978) propuso este índice en la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, cuya expresión es:

$$UD = \frac{m_{25\%}}{m}$$

donde:

$m_{25\%}$ media del 25% de los valores más bajos observados

m media de todos los valores observados

Los valores de este índice son más estrictos que el anterior porque considera en el numerador una media de magnitud menor que el coeficiente de uniformidad de Christiansen.

Uniformidad estadística (Us):

Este índice fue inicialmente propuesto por Wilcox y Swailes (1947) y luego retomado por Bralts *et al.* (1987). Su expresión es:

$$Us = 1 - CV$$

donde:

CV coeficiente de variación estadística de las observaciones.

Los valores que arroja este índice suelen ser intermedios a los obtenidos por los dos anteriores (Jaspe, 2015; D'Lima, 2015).

Utilizando los criterios establecidos por la sociedad Norteamericana de Ingenieros Civiles (ASAE, 1996), valores de Us superiores a 0,90 se consideran excelentes, entre 0,90 y 0,80 buenos, entre 0,80 y 0,70 razonables, entre 0,70 y 0,60 pobres y menores de 0,60 inaceptables.

Los datos necesarios para determinar la uniformidad del riego pueden ser valores de lámina captada en caso de riego por aspersión convencional, valores de caudal en sistemas de riego por aspersión sólidos o goteo, humedad del suelo antes o después del riego en métodos de riego por gravedad, valores de profundidad de humedecimiento en el perfil o lámina de inundación en el caso de riego de arrozales (Villafañe, 1998; Basso *et al.*, 2008).

Materiales y Métodos

Proyecto marco

El estudio se realizó en un ensayo de stevia a campo abierto, correspondiente al proyecto de investigación financiado por el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) del Ministerio del Poder Popular para la Ciencia, Tecnología e Innovación, titulado: “*Efecto del manejo del riego sobre el desarrollo fenológico, rendimiento y calidad edulcorante de la planta de stevia [Stevia rebaudiana (Bertoni) Bertoni] cultivada en campo abierto y en condiciones protegidas*”. El ensayo contempló cinco tratamientos de riego (aporte del 120%, 100%, 80%, 60% y 40% de la evapotranspiración del cultivo), en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones (Figura 1).

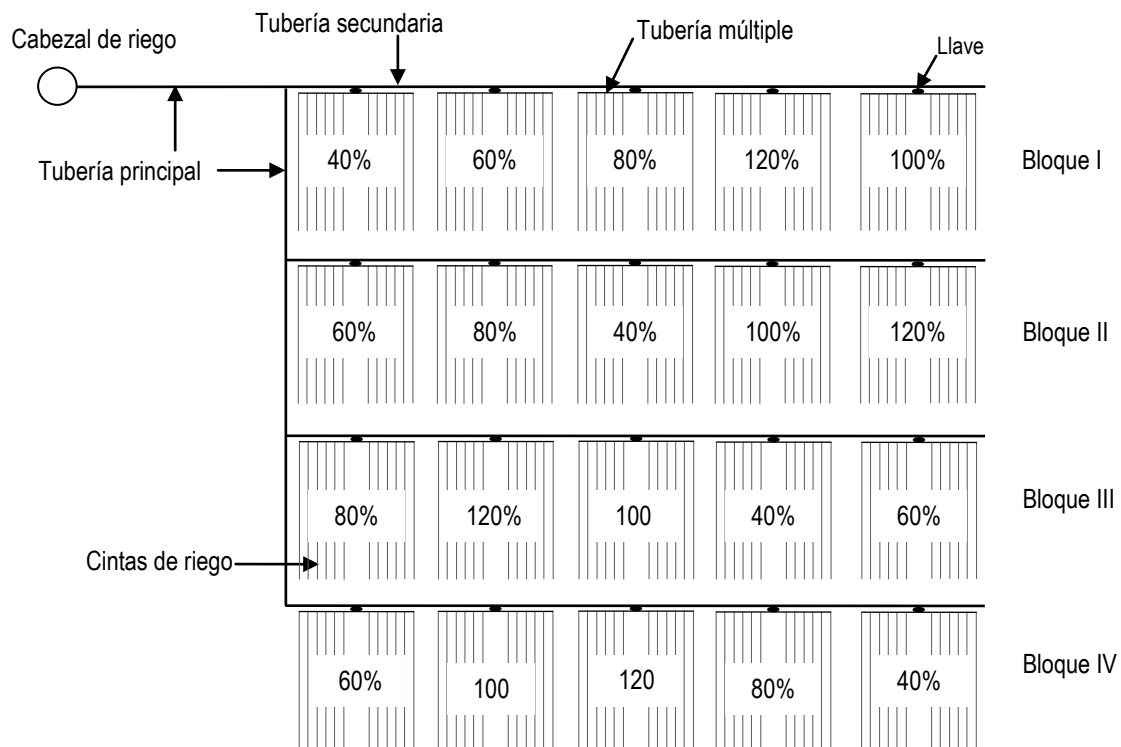


Figura 1. Esquema del ensayo de stevia a campo abierto y del sistema de riego.

Lugar del estudio

El ensayo se ubicó al lado de los invernaderos del campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, coordenadas 10°17' N y 67°37' W, a 455 msnm.

Características del sistema de riego y del área experimental

El sistema de riego contó con un cabezal de riego, una red de conducción-distribución y cintas de riego con goteros auto-compensantes separados a 30 cm y caudal nominal de un litro por hora. El cabezal incluía bomba de un caballo de potencia, contador volumétrico, filtro de anillos, dosificador proporcional hidráulico y manómetro. Al final de las tuberías secundarias se colocaron ventosas para la salida y entrada de aire a la red en los procesos de llenado y vaciado respectivamente.

Cada unidad experimental (unidad básica de riego) contó con una llave para el control de suministro de agua. Los tratamientos de dosis de riego operaron por turnos; de manera que cuando se estaba regando un tratamiento, las llaves de las cuatro unidades experimentales de ese tratamiento estaban abiertas. Ese conjunto de llaves abiertas en un momento dado constituía la unidad operacional con la cual se diseñó la capacidad mínima del sistema.

Cada unidad experimental midió 2,8m de ancho y 2,7 m de largo y contenía 12 cintas de riego para regar 6 hileras de plantas distribuidas en tresbolillo (0,3cm x 0,3cm x 0,3 cm).

Manejo agronómico del cultivo

El manejo del cultivo se centró en las siguientes actividades:

- Dos riegos semanales, aplicando las dosis establecidas en los tratamientos.
- Control manual de malezas con frecuencia semanal.
- Aplicación de fertilizantes vía fertirriego con las siguientes dosis por riego y planta: 34,89 mg N, 9,41 mg P₂O₅ y 39,10 mg K₂O; es decir 83,4 mg de NPK. Al mes se duplicó la dosis; es decir 166,8 mg de NPK por planta. Los

fertilizantes utilizados fueron urea (46-00-00), fosfato mono-amónico (12-61-00) y Nutrimón (13-03-46).

Recolección de agua en los goteros

Se seleccionaron 6 goteros por unidad experimental para recolección del agua de riego, dando un total de 24 goteros por tratamiento. La actividad consistió en coleccionar toda el agua que descarga cada gotero seleccionado desde el inicio de un riego hasta el final del mismo. En ella se midió la conductividad eléctrica (CE) y el volumen. Después de esto el agua colectada fue vertida sobre el suelo, cerca del gotero evaluado. En cada tratamiento se realizaron al menos tres evaluaciones. El agua se colectó en bandejas plásticas de un litro de capacidad.

Todas las recolecciones se realizaron cuando se aplicó la dosis mayor de fertilizantes.

Volumen aplicado y porcentaje de pérdidas

En cada evaluación se tomó nota del volumen entregado por el contador volumétrico. Esta información sirvió para calcular las pérdidas en la red, aplicando la siguiente expresión:

$$P = 100*[V_e - 400V_g]*V_e^{-1}$$

donde:

P porcentaje de pérdidas en la red

V_e volumen entregado por el contador (cc)

V_g Volumen promedio medido en los goteros (cc)

Cabe destacar que cada tratamiento (unidad operacional) contenía 400 goteros y 200 plantas; es decir, dos goteros por planta.

Uniformidad del riego

La uniformidad del riego se calculó con el índice de uniformidad estadística (Us), utilizando como datos los volúmenes colectados en cada gotero evaluado.

Relación de la conductividad eléctrica con los gramos de fertilizantes por litro

Para convertir los valores de conductividad eléctrica medidos en el agua de riego colectada a valores de miligramos de fertilizantes por litro, se prepararon previamente en un litro del agua de riego una solución de 4,89 g de urea, 1,13 gramos de FMA y 8,6 gramos de Nutrimón. De esta solución se prepararán diluciones 1:10; 1:20; 1:50 y 1:100.

La solución madre y las diluciones antes indicadas se prepararon en el Laboratorio de Cultivos Tropicales Perennes del Departamento e Instituto de Agronomía. Luego se llevaron a los invernaderos ubicados al lado del ensayo para determinar la CE a las temperaturas de 30, 35 y 40 °C que fueron las temperaturas medidas en el agua que sale de los goteros. Con los resultados se elaboró la curva patrón CE - gramos por litro de fertilizantes (g l^{-1}) ilustrada en la Figura 2. La temperatura no influyó en los valores de CE obtenidos en cada solución.

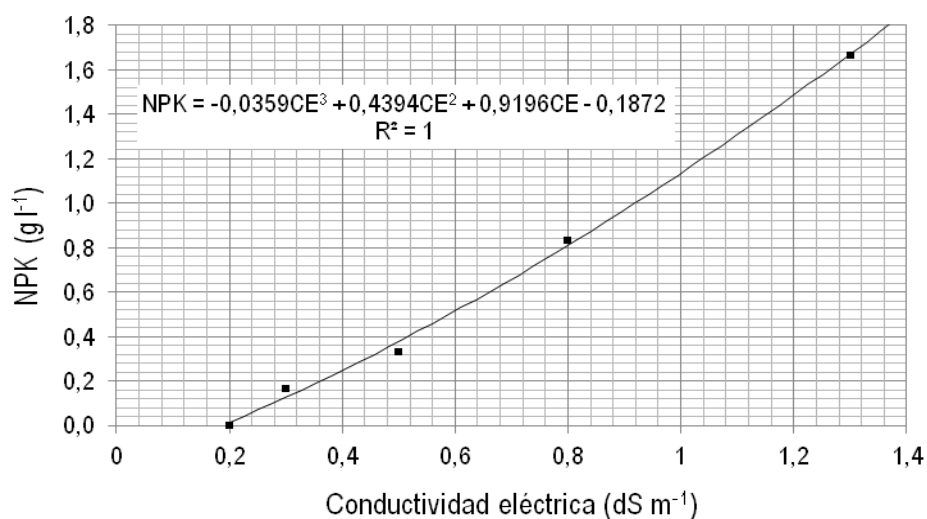


Figura 2. Curva patrón conductividad eléctrica – gramos por litro de fertilizantes.

Uniformidad de aplicación de los fertilizantes

Los valores de conductividad eléctrica de las aguas colectadas fueron convertidos a valores de gramos de fertilizante por litro, utilizando la curva patrón ilustrada en la Figura 2. Luego los miligramos de fertilizante por litro obtenidos en cada gotero seleccionado se multiplicaron por los litros de agua colectados para obtener los miligramos de fertilizantes suministrados por el gotero. Estos valores se utilizarán para evaluar la uniformidad de aplicación de los fertilizantes, utilizando igualmente la Us.

Contenido de nitrato y relativo de clorofila en plantas

Al momento de la cosecha, en cada unidad experimental se seleccionaron al azar dos plantas para tomar la parte apical (10 cm) de una de sus ramas. Estos ápices se colocaron en una cava con hielo, se llevaron al Laboratorio de Cultivos Tropicales Perennes del Departamento e Instituto de Agronomía y se congelaron durante 24 horas. De ellos se obtuvieron extractos por el proceso físico de compresión. Los extractos así obtenidos fueron diluidos a una relación 1:50 y de estas diluciones se hicieron otras a 1:20. En seis mililitros de estas últimas diluciones se determinó nitrato por el método de reducción del cadmio para lo cual se utilizó un fotómetro marca Hanna, modelo H193728 y el kit de reactivos correspondientes.

El mismo día del muestreo de plantas se evaluó en campo el contenido relativo de clorofila con un equipo marca Konica Minolta, modelo SPAD502Plus (http://www.aquateknica.com/document/1/p94_spad-502plus_es.pdf). Los valores del instrumento están correlacionados con la cantidad de luz transmitida por la hoja de la planta en las dos longitudes de onda donde se producen los picos de absorbancia de la clorofila. Con estos dos picos de absorbancia el instrumento calcula un valor numérico (SPAD) que es proporcional a la cantidad de clorofila de la hoja. Las mediciones se realizaron en 8 hojas de cada unidad experimental, de los nudos 4, 5 o 6 de las plantas medidos desde ápice.

Tanto el contenido de nitratos obtenido por el método de reducción del cadmio como el contenido relativo de clorofila estimado con el equipo SPAD502 se sometieron a análisis de varianza utilizando el diseño de bloques al azar.

Resultados y Discusión

Porcentaje de pérdidas de agua

En el Cuadro 1 se muestran las pérdidas de agua ocurridas en cada tratamiento evaluado. Dichas pérdidas ocurrieron principalmente por las ventosas durante el proceso de llenado de las tuberías secundarias.

Cuadro 1. Porcentaje de pérdidas ocurridas en cada evaluación.

Tratamiento	Evaluación	Volumen promedio medido en los goteros (cc)	Volumen entregado por el contador volumétrico (cc)	Pérdidas (%)
120% ETc	1	442,5	185200	4,43
	2	745,7	307400	2,97
	3	759,8	310300	2,06
100% ETc	1	600,2	249400	3,74
	2	597,5	247250	3,34
	3	698,0	289150	3,44
80% ETc	1	556,9	231550	3,80
	2	687,1	284600	3,43
	3	667,1	276500	3,49
60% ETc	1	352,2	147100	4,23
	2	383,3	160100	4,23
	3	432,4	179800	3,80
40% ETc	1	248,7	104050	4,39
	2	263,5	109300	3,75
	3	320,6	132800	3,43

Como se aprecia en el cuadro, las pérdidas estuvieron en por debajo del 5%, con un promedio de pérdidas de 7,50 litros con una desviación estándar de 2,02 litros.

Cabe destacar que todos los tratamientos no fueron evaluados el mismo día ya que no daba tiempo para la instalación de la bandejas y realizar las mediciones de volumen y CE. Por esta razón los valores de volumen del Cuadro 1 no muestran regularidad en la disminución con las dosis, amén de que en cada riego los volúmenes aplicados variaban de acuerdo con el consumo.

Uniformidad del riego

En el Cuadro 2 se muestra la uniformidad de aplicación del agua de riego, así como las cantidades aplicadas. En general se observa que aunque las cantidades aplicadas variaron entre y dentro de tratamientos por lo ya indicado, la uniformidad estadística fue superior a 0,9 en todos los casos, catalogándose este resultado como excelente. En otras palabras, el riego resulto altamente uniforme en todos los tratamientos.

Cuadro 2. Volumen promedio descargado por los goteros y uniformidad (Us) en la aplicación del agua de riego.

Tratamiento	Evaluación	Volumen promedio medido en los goteros (cc)	Coefficiente de variación (CV)	Us
120% ETc	1	442,5	0,0194	0,98
	2	745,7	0,0223	0,98
	3	759,8	0,0615	0,94
100% ETc	1	600,2	0,0333	0,97
	2	597,5	0,0357	0,96
	3	698,0	0,0278	0,97
80% ETc	1	556,9	0,0355	0,97
	2	687,1	0,0328	0,97
	3	667,1	0,0338	0,97
60% ETc	1	352,2	0,0546	0,95
	2	383,3	0,0906	0,91
	3	432,4	0,0312	0,97
40% ETc	1	248,7	0,0434	0,96
	2	263,0	0,0323	0,97
	3	320,6	0,0420	0,96

Uniformidad de aplicación de los fertilizantes

En el Cuadro 3 se muestran los valores de conductividad eléctrica (CE) del agua colectada en los goteros y las cantidades de fertilizantes aplicados, así como la uniformidad de aplicación. En los primeros tres tratamientos la uniformidad de aplicación fue excelente y las cantidades se asemejaron a las previstas en el plan de riego.

Cuadro 3. Conductividad eléctrica, cantidad de NPK descargado y uniformidad (Us) en la aplicación de los fertilizantes.

Tratamiento	Evaluación	CE (dS m ⁻¹)	NPK descargado por gotero (mg)	Coefficiente de variación	Us
120% ET _c	1	0,30	56,3	0,0194	0,98
	2	0,30	94,9	0,0223	0,98
	3	0,30	95,0	0,0627	0,94
100% ET _c	1	0,30	76,4	0,0333	0,97
	2	0,30	76,0	0,0357	0,96
	3	0,30	88,8	0,0278	0,97
80% ET _c	1	0,30	70,0	0,0359	0,96
	2	0,30	87,4	0,0328	0,97
	3	0,30	87,4	0,0304	0,97
60% ET _c	1	0,33	59,3	0,3318	0,67
	2	0,31	50,6	0,1866	0,82
	3	0,30	55,0	0,0312	0,97
40% ET _c	1	0,31	34,3	0,2545	0,75
	2	0,39	61,3	0,2846	0,72
	3	0,34	55,0	0,3281	0,67

En los tratamientos de 60 y 40% de la ET_c a pesar de que los valores de CE resultaron mayores las cantidades aplicadas fueron menores y la uniformidad de aplicación varió desde excelente a pobre debido a la descarga variable de los fertilizantes por los emisores debido al tiempo de riego insuficiente para la entrega completa del fertilizante en los goteros más lejanos como demostró D'Lima (2015) en un estudio previo de tránsito de los fertilizantes realizados en el mismo ensayo. El caudal promedio del sistema fue 465,45

litros por hora, con una desviación estándar de 16,52 litros por hora. El tiempo promedio del dosificador fue de 3,82 minutos con una desviación estándar de 0,64 minutos.

Contenido relativo de clorofila y nitrato en plantas

En el Cuadro 4 se muestran los valores relativos de clorofila (SPAD) y los contenidos de nitratos determinados por el método de reducción del cadmio. En ambos casos no hubo diferencias de significación entre tratamientos; sin embargo, dado que la variable SPAD tuvo un valor de P cercano a la significación, se puede argumentar que en los tratamientos con mayor dosis de riego presentaron menor contenido relativo de clorofila.

Cuadro 4. Contenido de relativo clorofila y nitratos en plantas.

Tratamiento	Contenido relativo de clorofila (SPAD)	Contenido de nitratos determinado (mg l ⁻¹)
120% ET _c	41,6	1175,0
100% ET _c	43,0	950,0
80% ET _c	44,3	725,0
60% ET _c	44,6	1250,0
40% ET _c	44,6	1125,0
Nivel de significación (P)	0,0544	0,5448
CV (%)	3,36	44,82

Conclusiones

La uniformidad de aplicación del agua de riego resultó excelente en todas las evaluaciones, independiente de la dosis aplicada.

En los dos tratamientos de menor dosis de riego (40 y 60% de la ETc), el tiempo de riego resultó insuficiente para el pase total de la solución fertilizante.

La insuficiencia del tiempo de aplicación en los dos tratamientos de menor dosis (40 y 60% de la ETc) resultó en menor uniformidad de aplicación de los fertilizantes en dichos tratamientos.

El contenido relativo de clorofila resultó similar en todos los tratamientos de riego, con una ligera tendencia a disminuir con el aumento de la dosis de riego.

Referencias Bibliográficas

- ASAE Standards. 1996. EP458. Field evaluation of microirrigation systems. ASAE: 756-761.
- Basso, C; R. Villafañe; S. Torres y J. Díaz. 2008. Evaluación de la uniformidad del riego y efecto del fertirriego nitrogenado en un huerto de lechosa (*Carica papaya* L.). Bioagro 20:105-110.
- Bralts, V., D. Edwards e I. Wu. 1987. Drip irrigation design and evaluation based on the statistical uniformity concept. *In: Adv. in Irrigation* 4: 67-117.
- Brücher, H. 1986. Useful plants of neotropical origin and their wild relatives. Springer-Verlag. New York, USA. 296 p.
- Christiansen, J. 1942. Hydraulics of sprinkling systems for irrigation. Trans. Am. Soc. Civil Eng. 107: 221-239.
- D'Lima, J. 2015. Uniformidad del riego y tránsito de fertilizantes en un ensayo de *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni bajo condiciones de campo. Trabajo final de grado. Facultad de Agronomía de la UCV. Maracay, Venezuela. 23 p.
- García, E. 2015. Dinámica de la humedad de un suelo cultivado con *Stevia* [*Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni] sometido a cinco tratamientos de riego. Trabajo final de grado. Facultad de Agronomía de la UCV. Maracay, Venezuela. 30 p.
- González, R.; J. Panyagua y E. Mayeregger. 2002. Necesidad de agua para el cultivo de *Stevia* (*Stevia rebaudiana*, Bert.), calculado sobre la base de lecturas de microlisímetros. *Investigación Agraria* 4: 19-24.
- Herrera, F.; R. Gómez y C. González. (3 de junio, 2015). El cultivo de *Stevia* (*Stevia rebaudiana*) Bertoni en condiciones agroambientales de Nayarit, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Nayarit, México. en:[http://www.inifapcirpac.gob.mx/publicaciones_nuevas/El%20cultivo%20de%20Stevia%](http://www.inifapcirpac.gob.mx/publicaciones_nuevas/El%20cultivo%20de%20Stevia%20)

20%28Stevia%20rebaudiana%29%20Bertoni%20en%20condiciones%20agroambientales
%20de%20Nayarit,%20M%C3%A9xico.pdf .

- Jaspe, A. 2015. Estudio de la uniformidad del riego en un ensayo de *Stevia rebaudiana* Bertoni bajo condiciones protegidas. Trabajo final de grado. Facultad de Agronomía de la UCV. Maracay, Venezuela. 27 p.
- Kruse, E. 1978. Describing irrigation efficiency and uniformity. J. Irrig. Drain. Div. ASCE 104: 35-41.
- Lavini, A.; M. Riccardi; C. Pulvento; S. De Luca; M. Scamosci and R. d'Andria. 2008. Yield, Quality and Water Consumption of *Stevia rebaudiana* Bertoni Grown under Different Irrigation Regimes in Southern Italy. Riv. Agron. 2: 135-143.
- Madan, S.; S. Ahmad; G. Singh; K. Kohli; Y. Kumar; R. Singh and M. Garg. 2010. *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni – A Review. Indian Journal of Natural Products and Resources 1: 267-286.
- Rodrigo, J., J. Hernández, A. Pérez y J. González. 1992. Riego localizado. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 405 p.
- Starzec, E. 2015. Efecto de la lámina de riego sobre el desarrollo, rendimiento y capacidad edulcorante de plantas de *Stevia (Stevia rebaudiana Bert.)* cultivadas en condiciones protegidas. Trabajo final de grado. Facultad de Agronomía de la UCV. Maracay, Venezuela. 27 p.
- Villafañe, R. 1998. Diseño agronómico del riego. Fundación Polar y Departamento de de Ingeniería Agrícola de la Facultad de Agronomía de la UCV. Maracay, Venezuela. 147 p.
- Wilcox J. and G. Swailes. 1947. Uniformity of water distribution by some under tree orchard sprinkler. Journal of Scientific Agriculture 27: 565–583.