

ZAMORANO

Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

Evaluación del manejo de nutrientes y agua para el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de macrotúnel en Zamorano, Honduras

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en Ciencia y Producción Agropecuaria
en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por:

Saulo Enrique Zeledón Zeledón

Honduras
Diciembre, 2004

El autor concede permiso a Zamorano para distribuir y reproducir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Saulo Enrique Zeledón Zeledón

Honduras
Diciembre, 2004

**Evaluación del manejo de nutrientes y agua para el cultivo de tomate
(*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo
condiciones de macrotúnel en Zamorano, Honduras**

presentado por

Saulo Enrique Zeledón Zeledón

Aprobada:

Gloria Arévalo de Gauggel, M.Sc.
Asesor Principal

Jorge Iván Restrepo, M.B.A.
Coordinador CCPA.

José María Miselem L., M.Sc.
Asesor

Aurelio Revilla, M.S.A.
Decano Académico Interino

Abelino Pitty, Ph.D.
Coordinador de Área Temática

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

DEDICATORIA

A Dios Padre por ser el guiador de mi vida y la de mi familia, y a su Espíritu Santo que me protegió en todo momento.

A mi madre Blanca Rosa Zeledón por ser fuente de mi inspiración, por su amor y sus oraciones que me brindaba.

A mis hermanos Henry, Alex y Ninoska que siempre han estado a mi lado, en todos esos momentos difíciles y me dieron ánimos de seguir adelante.

A todos mis amigos que creyeron en mí y me dieron fuerzas en momentos difiles.

Carlos Mendoza, por motivarme a tomar el reto de estudiar en Zamorano, por su amistad, sus chistes, siempre fuiste fuente de inspiración para continuar con el reto, amigo.

A mi Alma Mater-Zamorano, que me brindó la oportunidad de formarme con su aprender haciendo, por aprender a conocerme y conocer a personas que nunca olvidaré.

AGRADECIMIENTOS

A Dios Padre por darme siempre su apoyo y su cuidado, por poner siempre en mi vida personas que hicieron la diferencia, por poner a su Espíritu Santo a mi lado cada vez que viajaba y brindarme su seguridad incondicional.

A mi madre Blanca Rosa Zeledón por tenerme presente todos los días en su corazón, por aconsejarme, por sus bellas oraciones, por darme ese amor que me motivo a seguir adelante y tenerla como amiga.

A mi hermano Henry por ser una fuente de inspiración, por el apoyo que me ha dado en toda mi vida, por ser un padre para mí, gracias hermano.

A mi mejor amigo, que yo sé que siempre contaré con su bella amistad, mi hermano Alex, por mantener siempre unido ese lazo que nos mantiene fuerte.

A Carlos Mendoza por todo su apoyo en Zamorano, por demostrarme el significado del compañerismo.

A Javier Pineda por ser siempre sincero y fiel amigo durante estos cuatros años y estar siempre en las buenas y en las malas.

A Arturo Varela, por ser mi amigo y ser mi compañero de cuarto, por soportar mis largas pláticas y ser una pieza complementaria en mi cuarto y en mi desempeño. Gracias wife siempre te recordaré.

Ing. Gloria Arévalo por sus regaños, que me han servido como buenos consejos, por aprender de ella el ejemplo de lo que es ser un profesional, esposa y madre.

Dr. Carlos Gauggel por sus sabios consejos, por ser un excelente docente, por aprender sobre su ética laboral.

Ing. Miselem, por enseñarme lo que es la responsabilidad y dedicación al trabajo, y por corregirme cada vez que fuera necesario.

A los Ingenieros. Francisco Álvarez, y Ricardo Lardizabal y Dr. Antonio Alarcón, por ayudarme con sus consejos en la realización de mi investigación.

A mis profesores: Dr Abelino Pitty, Ing. Héctor Vanegas, Ing. Rogel Castillo, Ing. Marcos Vega, e Ing. Marco Granadino, por su valiosa amistad.

A Marlon Canales, por ser siempre una un amigo, y brindarme su ayuda en los momentos cruciales; Nelson Sánchez, por ser compañero de trabajo y de estudios, por todos esos momentos compartidos; Godofredo Benavides, por compartir su amistad y apoyo constante; David Posadas, por ser el mejor vecino en Zamorano y estar disponible a toda hora.

Alberto Cedeño, por ser un amigo en todo lugar; María Santacruz, por contar con su amistad desde mis inicios en Zamorano; Karen Erazo, por su sinceridad y consejitos y por formar parte de mi grupo de trabajo en mi Carrera.

A Washington Orellana y Fransen Jean por su colaboración y valiosa ayuda en la toma de datos de mi tesis.

A mis amigos Juan Carlos Cerna y Jorge Lagos por compartir momentos agradables en Zamorano y en los fines de semanas.

A todas las personas que sin ningún interés me ayudaron a realizar mis viajes más agradables y compartir un poco de sus vidas con un desconocido (Don Oscar, Patricia Gómez, Don José María, etc y todos los trabajadores de empresas de transporte privado).

.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

Empresa Universitaria de Cultivos Intensivos de la Escuela Agrícola Panamericana.

Laboratorio de Suelos de la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano.

Escuela Agrícola Panamericana –Zamorano, por patrocinar mis cuatros años de estudios, y llegar a formar parte de la Familia Zamorana.

Mi hermano Henry por su valioso apoyo en mis estudios superiores.

RESUMEN

Zeledón Zeledón, S. E. 2004. Evaluación del manejo de nutrientes y agua para el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de macrotúnel en Zamorano, Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras.

El objetivo de cualquier sistema de producción es tener el suficiente control sobre los parámetros climáticos para obtener una alta calidad y cantidad de producto. Este estudio tiene por objetivo evaluar el manejo de riego y nutrientes en cada una de las etapas del cultivo de tomate variedad Alboran en condiciones de macrotúnel en Zamorano. El estudio se realizó entre los meses de junio a septiembre de 2004 en el macrotúnel G ubicado en la Unidad de Producción Hortícola de Zamorano. Se usó un sistema de fertirriego localizado por planta. La unidad experimental se conformó por una planta de tomate sembrada en la bolsa que formó un lisímetro. Se midió el volumen de la solución de entrada y la solución de drenaje con un promedio de 4 veces por semana. El total de unidades experimentales fueron 12. A medida que el cultivo avanzó en las etapas fenológicas aumentó el volumen de entrada y de drenaje de la solución nutritiva. La tendencia de pH del volumen de entrada, drenaje y de solución del sustrato fue fluctuante en cada etapa de cultivo. La conductividad eléctrica de la solución de entrada es mayor que la de drenaje y la de solución del sustrato. La tendencia del coeficiente de uniformidad de riego conforme avanza el cultivo disminuye. La tendencia en porcentaje de pérdidas de agua y nutrientes es variable en cada etapa de cultivo y en el sector anterior (0-14 m) es mayor que en los sectores de en medio (14-28 m) y posterior del macrotúnel (28-42 m). El consumo de agua y nutrientes varían entre etapa de cultivo.

Palabras claves: tomate, lisímetros, volumen, drenaje, solución, macrotúnel, fertirriego, nutrientes, agua, pérdidas, consumo.

CONTENIDO

	Pág.
Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen.....	viii
Contenido.....	ix
Índice de cuadros.....	xi
Índice de figuras.....	xii
Índice de anexos.....	xiv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
Ubicación.....	3
Macrotúnel.....	3
Sustrato.....	3
Bolsas.....	3
Manejo agronómico.....	3
Cultivo y variedad.....	3
Etapas de cultivo.....	4
Riego.....	4
Fertilización (programa de fertilización).....	4
Sanidad vegetal.....	5
Descripción de las Unidades Experimentales (U.E.).....	5
La distribución de las unidades experimentales.....	5
Procedimientos para la establecer el método de entradas y salidas del sistema de riego.....	6
Entradas del sistema.....	6
Nutrientes en el medio (sustrato).....	6
Nutrientes en la solución de riego.....	6
Salidas del sistema.....	7
Agua de drenaje.....	7
Agua retenida en el medio.....	7
VARIABLES A MEDIR.....	7
Análisis de la información.....	8
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	9
Volumen de entradas de agua.....	9
PH del volumen de entrada de agua.....	9
Conductividad eléctrica del volumen de entrada de agua.....	10
Volumen de salidas de agua.....	11
PH del volumen de salida de agua.....	11

Conductividad eléctrica del volumen de salida de agua.....	12
Sonda de succión.....	13
PH de la sonda de succión.....	13
Conductividad eléctrica de la sonda de succión.....	13
Coeficiente de Uniformidad de Riego en el macro túnel "G" por etapa de cultivo.....	14
Porcentaje de drenaje en cada uno de los sectores de la línea de riego	15
Sector anterior (0-14 m).....	15
Sector medio (14-28 m).....	15
Sector posterior (28-42 m).....	16
Comparación entre los sectores anterior, medio y posterior por etapa de cultivo.....	17
Cálculo de lámina de volumen de riego.....	17
Pérdidas de nutrientes kg/ha/ciclo del cultivo de tomate variedad Alboran del macrutúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.....	18
Consumo de agua por etapa de cultivo dentro del macrotunel G del cultivo de tomate variedad Alboran L/planta/día.....	20
Consumo de nutrientes por etapa fenológica del cultivo de tomate variedad Alboran kg/ha/ciclo.....	20
Consumo de nitrógeno.....	21
Consumo de fósforo.....	21
Consumo de potasio.....	22
Consumo de calcio.....	22
Consumo de magnesio.....	22
4.CONCLUSIONES	25
5.RECOMENDACIONES	26
6. BIBLIOGRAFÍA	27
7. ANEXOS	28

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Pág.
1.	Fertilizantes utilizados en la producción de tomate en macrotúnel en la Unidad de Producción Hortícola de Zamorano..... 4
2.	Nutrientes en kg/ha/etapa utilizados en la producción de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004..... 5
3.	Cálculo de lámina de riego..... 18
4.	Comparación entre los kg/ha/ciclo teórico aplicados de cada nutriente y los kg/ha/ciclo encontrados de cada nutrientes..... 18
5.	Pérdida de nutrientes por etapa de cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004..... 19
6.	Consumo de agua por etapa de cultivo del tomate variedad Alboran. Zamorano, Honduras. 2004..... 20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág
1.	Volumen de solución de fertirriego ml/día por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.....	9
2.	pH de la solución fertirriego por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.....	10
3.	Conductividad eléctrica de la solución de fertirriego por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.....	10
4.	Volumen de pérdidas de la solución que drena en los lisímetros del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.....	11
5.	pH de volumen de solución que drena en los lisímetros del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.....	12
6.	Conductividad eléctrica de la solución que drena en los lisímetros por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.....	12
7.	pH de la sonda de succión por etapa fenológica del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.....	13
8.	Conductividad eléctrica de las sondas de succión por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.....	14
9.	Coefficiente de Uniformidad de riego por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.....	14
10.	Drenaje 0-14 m sector anterior, por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.....	15
11.	Drenaje 14-28 m sector medio por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.....	15
12.	Drenaje 28-42 m sector posterior por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.....	16
13.	Comparación de drenajes de los sectores anterior, medio y posterior por etapa del cultivo de tomate del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004	17
14.	Comparación de entradas y salidas de macronutrientes del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.....	17
15.	Comparación de entradas y salidas de micronutrientes del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.....	20
16.	Consumo de nitrógeno por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.....	21
17.	Consumo de fósforo por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.....	22

18.	Consumo de potasio por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.....	23
19.	Consumo de calcio por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.....	23
20.	Consumo de magnesio por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.....	24

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos	Pág.
1. Enfermedades que se presentaron durante el ciclo del cultivo, productos químicos que se utilizaron para el control y la dosificación suministrada.....	28
2. Análisis de sustrato previo a transplante.....	29
3. Análisis de sustrato en maduración.....	29
4. Análisis de muestra de entradas de agua por etapa de cultivo.....	30
5. Análisis de muestra de volumen de solución de agua drenada por etapa de cultivo.....	30
6. Análisis de muestra de sustrato de porcentaje de humedad.....	30
7. Porcentaje de retención de humedad del sustrato, usado para el cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.....	31
8. Comparación de entradas y salidas de micronutrientes al sistema de riego (estimado) en g/ha/ciclo al macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.....	31
9. Consumo de nutrientes por etapa fenológica del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.....	31
10. Pérdida promedio porcentual de nutrientes por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran en el macrotúnel G Zamorano, Honduras. 2004.....	32

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de cualquier sistema de producción es tener el suficiente control sobre los parámetros climáticos para obtener alta calidad y cantidad de producto. Para conseguirlo es necesario poseer los suficientes conocimientos sobre la respuesta de la planta a los principales parámetros ambientales. Entre éstos, la calidad y cantidad del agua son las más importantes ya que el agua es esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Además, el agua es fundamental para la supervivencia de los productores de plantas hortícolas puesto que más del 90% del producto comercial es agua (Cockshull 1998).

La utilización de invernaderos con cobertura plástica, sistemas sencillos de control climático, equipos de riego y fertilizaciones automatizados, se han difundido ampliamente con el fin de mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas, y consecuentemente aumentar la productividad e incrementar la calidad de frutos (Abad 1995).

Las plantas han vivido en su ambiente natural, casi sin excepción, asociadas al suelo. El suelo provee de cuatro necesidades básicas para las plantas: agua, nutrientes, oxígeno y soporte. Con los avances de la ciencia se ha conseguido proveerlas de estas necesidades de una forma artificial por medio del cultivo en sustrato o incluso sin él (Urrestarazu 2004).

El término sustrato se aplica en Horticultura a todos los materiales distintos del suelo natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico que colocado en un contenedor, en forma pura o mezclada que permita el anclaje del sistema radicular, desempeñando por tanto, un papel de soporte para la planta (Cadahia 2000).

Se ha determinado que en cultivos en sustratos (o sin suelo) la frecuencia de riego es de varias veces al día, fraccionando las necesidades diarias en función de la demanda evaporativa y de las características del sustrato (Cadahia 2000).

En los sistemas hidropónicos con sustratos y volumen confinado en contenedores está generalizada la práctica de fertirregar hasta tener un cierto volumen de disolución nutritiva a través de la(s) abertura(s) del contenedor, a este excedente producido en cada uno de los riegos se conoce comúnmente como drenaje, y se suele expresar en porcentaje con respecto al volumen total aplicado en los fertirriegos en un tiempo determinado (Urrestarazu 2004).

Las técnicas de producción del cultivo de tomate en la Unidad de Producción Hortícola de Zamorano ha experimentado notables cambios en los últimos años con el fin de incrementar los rendimientos. La implementación de fertirrigación como una herramienta en la agricultura permite suministrar simultáneamente agua y fertilizante al cultivo.

Zamorano con sus limitaciones de agua y problemas de plagas de suelo, ha experimentado en los últimos años un cambio en su sistema de producción dirigiéndola al uso de sustratos y prácticas que de ello se derivan, tales como ajuste en la frecuencia de riego, aplicación de fertilizante solubles a través del sistema de riego, que han llevado a tener aumentos en los rendimientos, reflejándolo en lo económico (Egas 2002).

La presente investigación pretendió evaluar el manejo de riego y nutrientes en cada una de las etapas del cultivo de tomate variedad Alboran con un sistema de producción tipo macrotúnel, a la vez se determinaron las pérdidas de agua y nutrientes en cada una de las etapa del cultivo y se cuantificaron las pérdidas de nutrientes en kg/ha/ciclo y evaluar el coeficiente de uniformidad del riego.

.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El estudio fue llevado a cabo entre los meses de julio y septiembre de 2004 en el macrotúnel "G" ubicado en zona III de la Unidad de Producción Hortícola de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Departamento Francisco Morazán, 30 km al este de Tegucigalpa, Honduras, a una altura de 800 msnm, con una temperatura promedio anual de 24°C y precipitación promedio de 1100 mm al año. Con una ubicación geográfica de 14° norte y 87° oeste.

Macrotúnel

La investigación se realizó en el invernadero tipo macrotúnel de 840 m² de dimensión (10 × 84 m) donde se ubicaron 1,640 bolsas (0.0019m³) en cuatro camas.

Sustrato

El medio utilizado en el ensayo estuvo compuesto por una mezcla de compost, casulla de arroz quemada y arena a una proporción de 5:4:1 respectivamente. Previo a la utilización, el medio fue tratado con un biocida (Basamid), con el objetivo de eliminar microorganismos patógenos y semillas de malezas persistentes en el medio.

Bolsas

El cultivo fue sembrado en bolsas medianas (0.019 m³), con sustrato. Se utilizaron bolsas de color negro con el objetivo de evitar el crecimiento de algas o musgos.

Manejo agronómico

Cultivo y variedad

Para este estudio se utilizó la variedad de tomate de crecimiento indeterminado Alboran de la casa comercial Rijk Zwaan. Además, es una variedad de larga vida, lo que quiere decir que el productor puede contar con un período de tiempo más largo para poder comercializar el tomate sin riesgo alguno de que éste se deteriore.

Etapas de cultivo

Se consideraron cuatro etapas de cultivo a partir del trasplante durante las cuales se hicieron las mediciones. Etapa de crecimiento durante cuatro semanas, floración las siguientes dos semanas, inicio de cosecha durante tres semanas y maduración por tres semanas. El cultivo comercial dura 145 días, pero por efecto de tiempo, este estudio se llevó sólo hasta la etapa de inicio de maduración (110 días).

Riego

Se realizó por medio de riego localizado por planta, utilizando microtúbulos de 0.7 m de largo y separados entre sí 0.4 m. El riego se realizó en un turno/día en la etapa de crecimiento y dos turno/días en las etapas de floración, cosecha y maduración con un caudal promedio de 3.5 L/hr.

Fertilización (programa de fertilización)

El sistema de fertilización que se utilizó en el cultivo fue suministrado por el sistema de riego, lo que hace que la aplicación de fertilizantes sea de una forma localizada en cada planta.

Hay que tomar en cuenta que a pesar de que la planta recibe el fertilizante directamente, siempre hay pérdidas por diversos factores como: microtúbulos obstruidos, falta o exceso de presión del sistema de fertirriego.

A continuación se detallan los fertilizantes y las cantidades utilizadas durante todo el ciclo de vida del cultivo (Cuadro 1) y sus equivalentes en nutrientes por hectárea (Cuadro 2).

Cuadro 1. Fertilizantes utilizados en la producción de tomate en macrotúnel en la Unidad de Producción Hortícola de Zamorano.

Fertilizante	kg/Semana/macrotúnel (840 m ²)		
	Días		
	21-45	46-70	71-Cosecha
MAP	0.709	0.574	
NH ₄ NO ₃	1.907	1.262	
KNO ₃		2.176	1.015
CaNO ₃		1.381	0.853
MgSO ₄		1.634	0.762

Cuadro 2. Nutrientes en kg/ha/etapa utilizados en la producción de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.

Etapa	Plántula	Crecimiento	Floración	Inicio Cosecha	Maduración
Días	0-24	25-42	43-64	65-84	85-147
Semanas	3	2	3	3	4
NH ₄		94	32	16	
NO ₃		39	86	75	-
P		18	14	7	-
K	-	-	95	91	26
Ca	-	-	31	35	12
Mg	-	-	18	17	5
S	-	-	35	34	10

Sanidad vegetal

Para obtener buenos rendimientos en un cultivo, se necesita realizar un buen control fitosanitario de las enfermedades e infestaciones de plagas que se presenten en cada etapa del cultivo y el producto comercial y la dosificación que se utiliza para combatir esta enfermedad (Anexo 1).

Descripción de las Unidades Experimentales (U.E.)

La unidad de control la conformó una planta de tomate sembrada en la bolsa, lo que constituyó un lisímetro y bajo del cual se colocó un recipiente donde se recolectó el drenaje después de cada riego. El volumen de entrada de agua se recogió en un recipiente de capacidad de 7 litros, instalado adyacente a la planta con lisímetro.

Para este estudio se utilizaron lisímetros de drenaje sin nivel freático (Aboukhaled 1986) los cuales están formados por un tanque o recipiente colocado debajo de cada bolsa, con el cultivo instalado, lo que permitió obtener el volumen de agua después de cada riego.

Para el ensayo se instalaron 12 lisímetros en el sustrato y sondas de succión que recolectaron el agua disponible, enterrándolas en el sustrato en plantas donde se encontraba cada lisímetro. La sonda de succión, es un instrumento de campo, que extrae agua del medio mediante una cápsula porosa que transmite a su interior solución de suelo por diferencia de contracción de oxígeno.

La distribución de las unidades experimentales

La distribución de las unidades experimentales en el invernadero se hizo de tal manera que se cubrieran diferentes posiciones con respecto a las válvulas de riego; cada invernadero tiene dos válvulas, por lo cual en cada una de ellas se colocaron unidades experimentales que caracterizan la parte anterior, media y posterior con respecto a la distancia de la manguera de riego en referencia a la tubería principal. Para cada uno de los

sectores antes mencionados, se colocaron 2 unidades de muestreo, tanto para el área que cubre la primera válvula de manera aleatoria y para el área que cubre la segunda válvula que es la mitad del área del invernadero. Para establecer los sectores a evaluar, se consideró la distancia del largo de la manguera de riego con respecto a la válvula de la cual se origina; el sector en el macrotúnel se define según el siguiente intervalo de distancia: sector anterior 0 –14 m; el sector medio de 14 – 28 m; y el sector posterior de 28-42 m.

Procedimiento para establecer el método de Entradas y Salidas del sistema de riego

Entradas al sistema

Nutrientes en el medio (sustrato)

Se hicieron dos análisis de sustrato, uno antes de sembrar y otro previo a finalizar la etapa de maduración. La muestra fue compuesta por 20 submuestras abarcando todos los sectores dentro del macrotúnel

Se hicieron dos tipos de análisis:

Fase extraída con Melich 3 para los elementos: P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn; B y S con el método de Fosfato de Calcio; determinando el P, B y S por colorimetría y los demás por absorción atómica; pH (potenciómetro), materia orgánica por el método de Walkey and Blacke y el 5% de la materia orgánica y nitrógeno.

Fase de la solución del suelo en agua: NO₃ determinado por colorimetría, NH₄ determinado por Kjeldal, P, K, Ca, Mg y menores medidos por absorción atómica; B y S medidos con el método de Fosfato de Calcio, pH (potenciómetro) y conductividad eléctrica por método de puente de conductividad eléctrica (anexos 2 y 3).

Volumen de entrada y nutrientes en la solución de riego

Se midió el volumen de agua después de cada riego (promedio de cuatro veces por semana) de cada uno de las 12 unidades de muestreo. El volumen que se midió fue previamente registrado y se guardó acumulativamente en un recipiente cerrado. Del volumen registrado por día, en cada una de las unidades de muestreo, se guardó 5% del total de solución nutritiva para las etapas de crecimiento y floración-cuaje de frutos y para las etapas de cosecha y maduración, después de cada registro del día, se guardó 1% del total de agua de solución nutritiva.

A las muestras que fueron guardadas de cada unidad de muestreo, se les tomó: pH y conductividad eléctrica en micromohos/cm. Al volumen acumulado de solución nutritiva se le realizó un análisis de contenido de nutrientes solubles para las etapas de: crecimiento, floración-cuaje de frutos, cosecha y maduración. Para cada una de las etapas mencionadas se determinaron la cantidad de miligramos por litro (mg/L) de los elementos siguientes: NH₄, NO₃, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn y B en cada una de las etapas de cultivo (Anexo 4).

Salidas del sistema

Agua de drenaje

Se midió el drenaje acumulado a la salida del macetero por cuatro o más veces a la semana. El volumen que se midió y registró se guardó acumulativamente en un recipiente cerrado, con el mismo criterio del agua de entrada. A las muestras que fueron guardadas de cada unidad de muestreo, se les midió pH y conductividad eléctrica. Al volumen acumulado de la solución de drenaje se le determinó el contenido de elementos (NH₄, NO₃, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn y B), para cuantificar la magnitud de las pérdidas por lixiviación de los mismos (Anexo 5).

Agua disponible en el medio

El agua retenida por el sustrato se evaluó mediante la instalación de sondas de succión recolectando datos de pH y conductividad eléctrica micromohos/cm, estimados a partir de la concentración de sales en ppm.

Para determinar la capacidad de retener humedad disponible para la planta se realizó una curva de retención de humedad del sustrato o medio, cuya muestra fue compuesta de 20 submuestras de los diferentes sectores del macrotúnel y su análisis se realizó en el Laboratorio del CEDA, en Comayagua, Honduras. Los puntos de humedad que se establecieron fueron: saturación, capacidad de campo y punto de marchitez permanente (Anexo 6) de los cual se elaboró la figura que describe la humedad a diferentes tensiones (Anexo 7).

VARIABLES A MEDIR

Volumen, pH y Conductividad Eléctrica (CE) de entradas de agua.

Volumen, pH y Conductividad Eléctrica (CE) de salidas de agua.

Conductividad Eléctrica (CE) y pH de las sondas de succión.

Concentración de macro y micro nutrientes en la solución de entrada y salida de agua de cada sector de muestreo en las diferentes etapas de cultivo.

Coefficiente de Uniformidad de riego en el macro túnel "G" por etapa de cultivo.

Pérdida porcentual de agua por sector (anterior, medio y posterior) en cada una de las etapa de cultivo.

Concentración de nutrientes en el medio: análisis de medio al inicio y al final de la primera cosecha.

Pérdidas de nutrientes kg/ha/ciclo.

Consumo de agua por etapa de cultivo L/planta/día

Nutrientes consumidos kg/ha/ciclo.

Análisis de la información

La información diaria se recopiló en una matriz con los datos por unidad experimental donde se registró los volúmenes promedios de entrada y salida y la concentración de nutrientes promedio por etapa en el agua tanto de entrada como de salida. Esta información se transformó a g/planta con la siguiente ecuación:

$$\text{Nutriente (g/planta)} = \{ \text{volumen de la solución (ml)} * \text{concentración del nutriente (mg/L)} \} / 1000$$

Llevándolo luego a g/ha multiplicándolo por la densidad de plantas que fue de 22,222 planta/ha.

Las pérdidas de agua como de nutrientes se calcularon en porcentaje así:

$$\% \text{ pérdidas} = \{ \text{Nutriente de salida (g)} / \text{Nutriente de Entrada (g)} \} * 100$$

Consumo de nutriente, se cálculo como:

$$\text{Nutriente consumido} = \{ \text{Nutriente de Entrada (g/ha)} - \text{Nutrientes de Salida (g/ha)} \}$$

El cálculo de consumo de cada nutriente (N, P, K, Ca y Mg) por etapa de cultivo puede ser directamente consumido por la planta o acumulado en el sustrato.

Coefficiente de Uniformidad (CU) de riego se calculó con base en la desviación estándar de los datos del volumen de agua de entrada dividiéndolo por el promedio de los volúmenes de entrada, multiplicándolo por 100; en las unidades experimentales ubicadas en los sectores anterior, medio y posterior de riego anteriormente definidos, para cada dato diario.

$$CU = \{ \text{Desviación estándar}(n) / \text{promedio}(n) \text{ ml} \} * 100$$

Donde n representa el día que se tomó el dato.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Volumen de entrada de agua

A medida que el cultivo avanza en las etapas fenológicas, aumenta el volumen de entrada de solución nutritiva en cada una de las unidades de muestreo (Figura 1). La tendencia del volumen de entrada lo describe la ecuación: $y = 47.671x + 668.8$

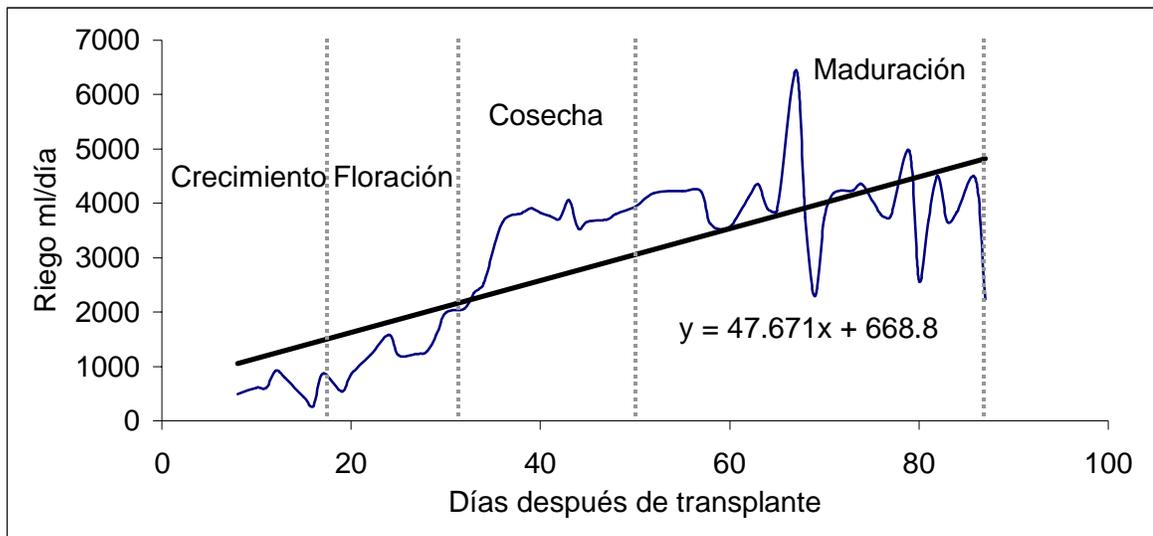


Figura 1. Volumen de solución de fertirriego ml/día por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.

PH de la solución de entrada de agua

El pH de la solución de fertirriego que recibe la planta, aumentó de 5.6 - 7.8 en la etapa de maduración (Figura 2). La tendencia del aumento del pH, se determinó mediante la ecuación $\text{pH} = 0.0064x + 6.4924$

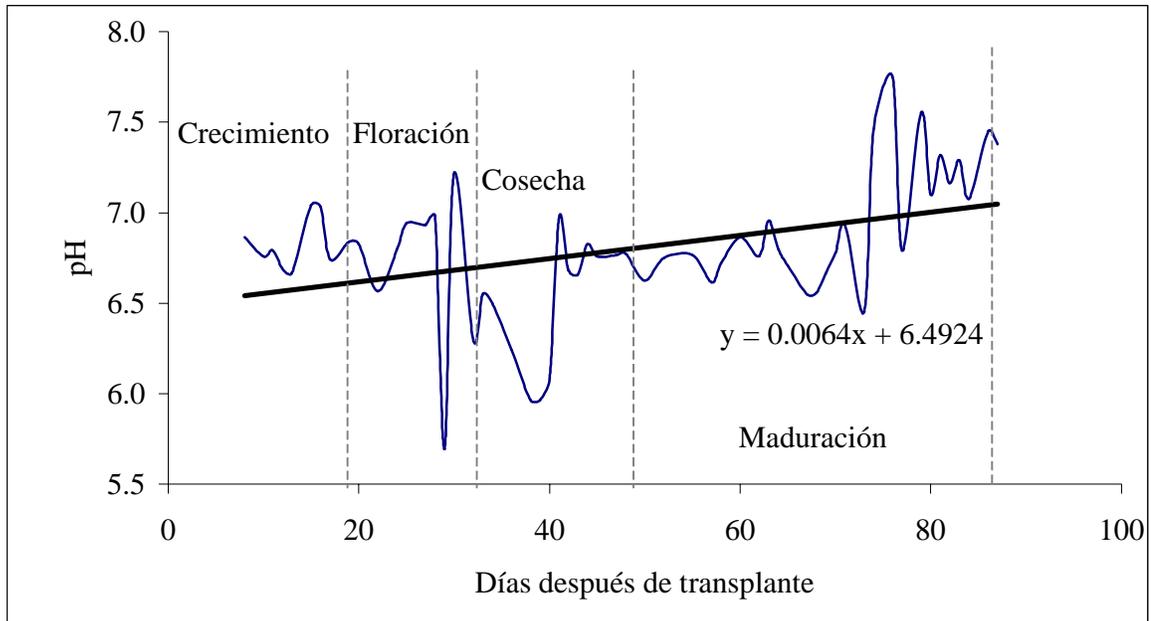


Figura 2. pH de la solución fertirriego por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.

Conductividad eléctrica de la solución de entrada de agua

Demuestra que tiene una concentración y variación mayor de sales en las etapas de crecimiento, floración, y cosecha, en la etapa de maduración la tendencia disminuye (Figura 3). La tendencia de CE se describe por la ecuación: $y = -6.0908x + 743.65$

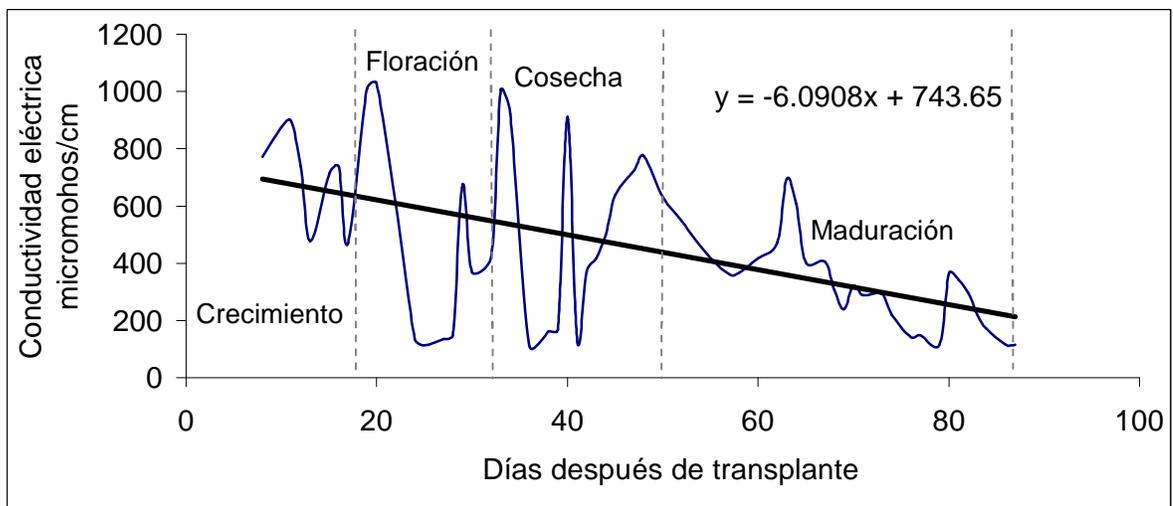


Figura 3. Conductividad eléctrica de la solución de fertirriego por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.

Volumen de salida de agua

Conforme aumenta el volumen de entradas de agua al sistema, las salidas aumentan de igual manera, viendo en la etapa de maduración las mayores cantidades de salidas de agua en mililitros (Figura 4). La tendencia del volumen de salida de agua es dada por la ecuación $y = 27.821x + 99.931$

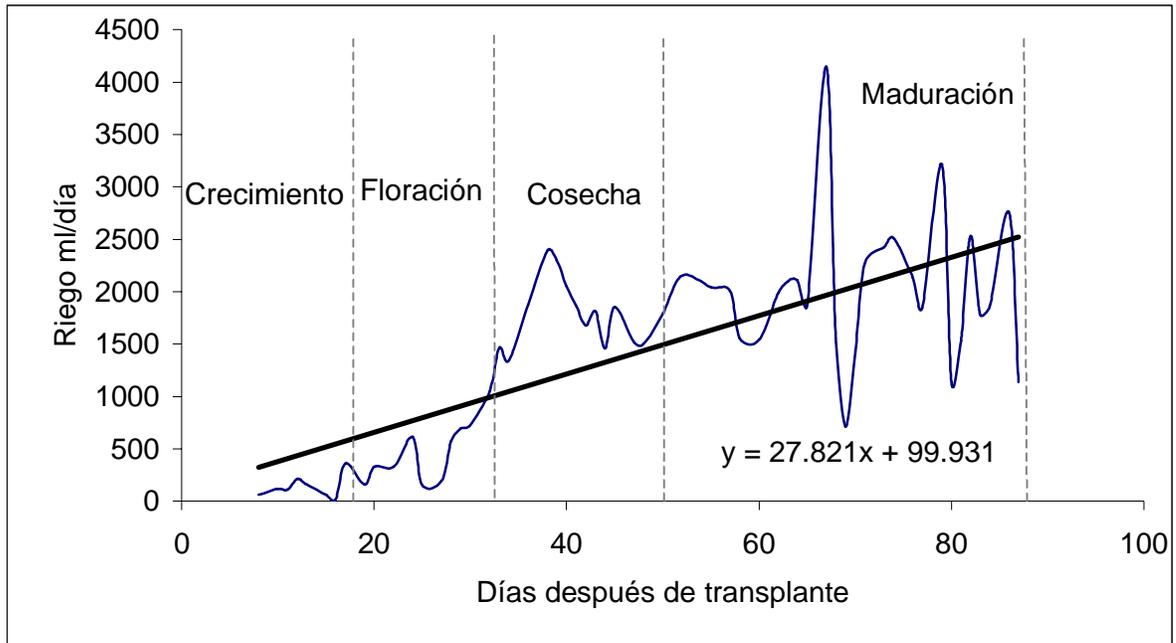


Figura 4. Volumen de pérdidas de la solución que drena en los lisímetros del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.

PH de la solución de salida de agua

El pH de la solución de salida presenta un aumento y se mantiene entre los valores de 4.7 a 6.3 en la etapa de maduración. Los mayores oscilaron en las etapas de crecimiento, floración y cosecha. (Figura 5). La tendencia del pH del volumen de salida, es dada por la ecuación: $y = 0.0012x + 5.5345$

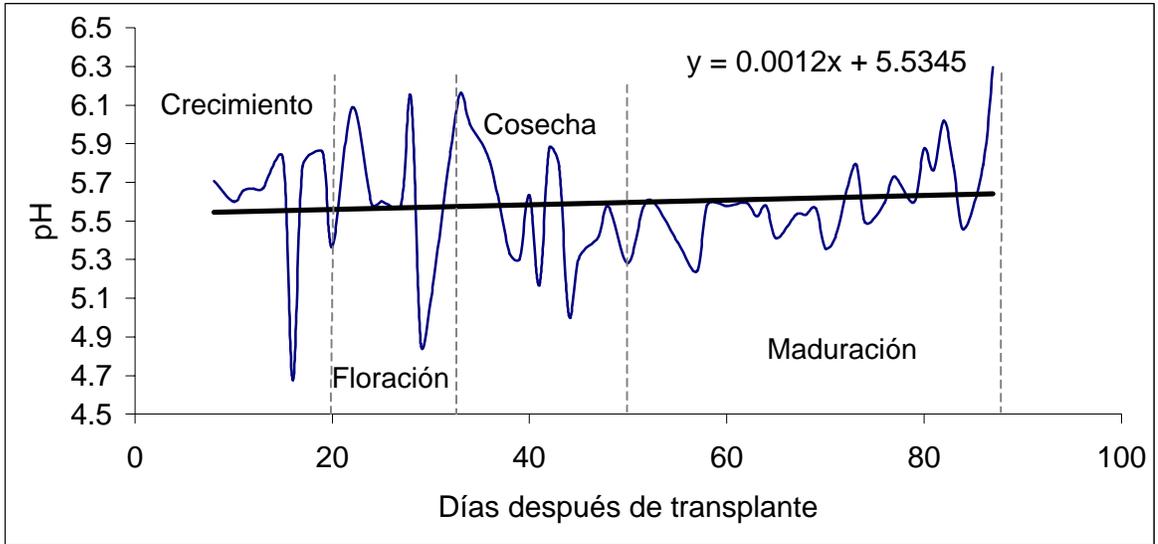


Figura 5. pH de volumen de solución que drena en los lisímetros del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.

Conductividad eléctrica de la solución de salida de agua

Conductividad eléctrica es mayor en la etapa de crecimiento y a medida que avanza el cultivo en su desarrollo disminuye debido a una menor concentración de sales, lo cual coincide con el comportamiento de la conductividad eléctrica de la solución de entrada (Figura 6). La ecuación de la línea de tendencia es muy similar a la de la CE de la entrada: $y = -5.7987x + 731.44$

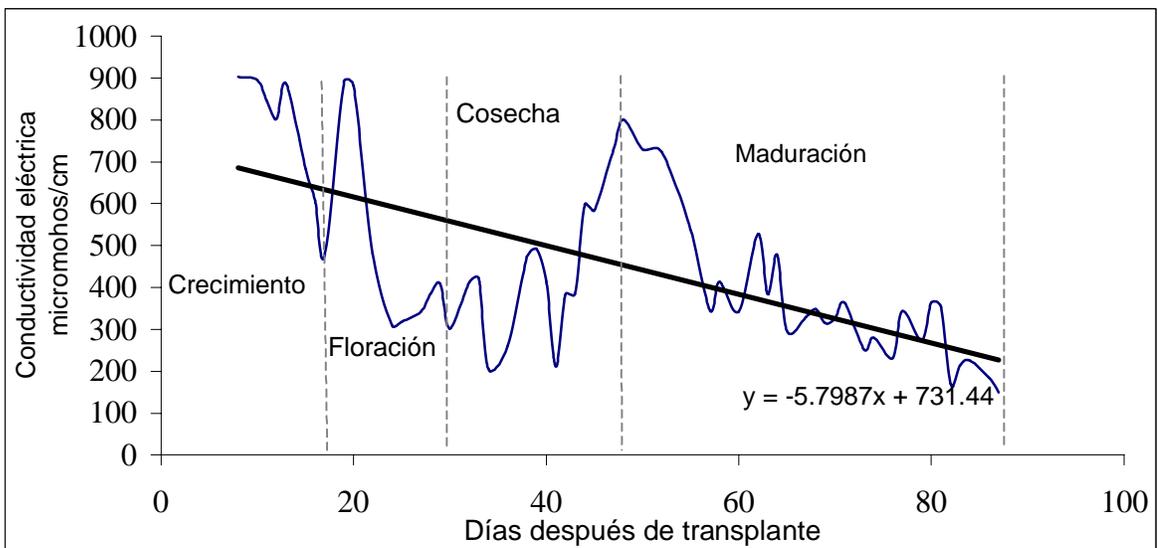


Figura 6. Conductividad eléctrica de la solución que drena en los lisímetros por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.

Sonda de succión

La solución extraída de la sonda de succión indica la concentración de la solución del medio del cual la planta extrae directamente los nutrientes.

PH de la sonda de succión

El pH de la sonda de succión fue creciente, osciló en valores de 5.7 en la etapa de cosecha y 7.3 en la etapa de maduración. (Figura 7). La tendencia del pH de la sonda de succión la describe la ecuación: $y = 0.0045x + 6.2587$

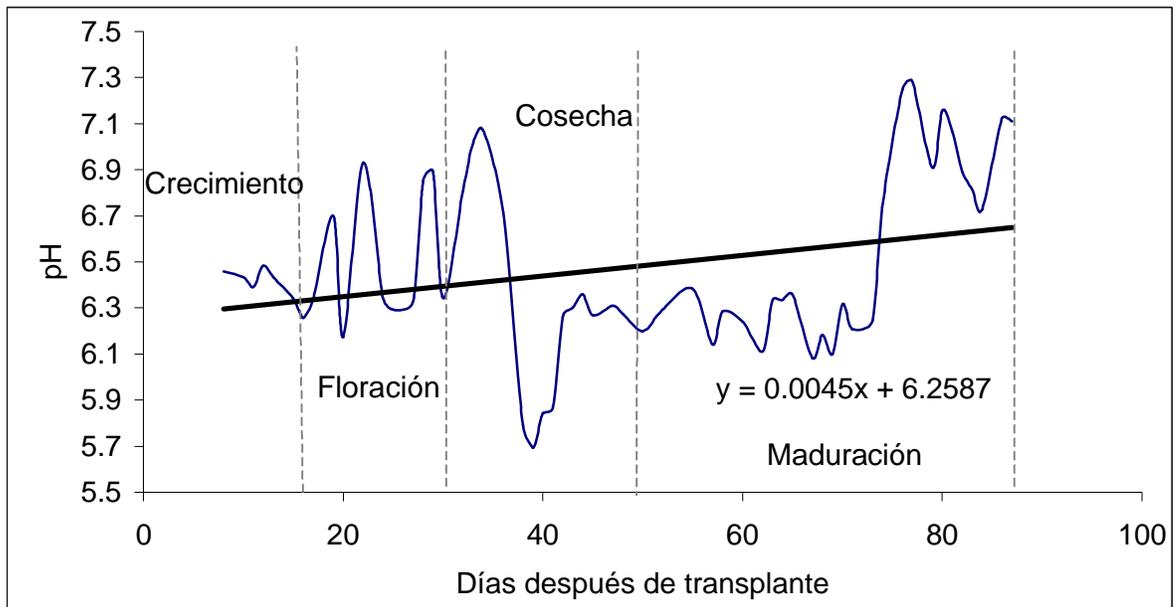


Figura 7. pH de la sonda de succión por etapa fenológica del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.

Conductividad eléctrica de la sonda de succión

La conductividad eléctrica de la sonda de succión fue decreciente a través del tiempo. En la etapa de maduración presentó los menores valores de conductividad eléctrica. Similar a la conductividad eléctrica de la solución de entrada, aunque los valores son ligeramente más altos en la etapa de maduración, lo que refleja que los nutrientes se han acumulado en el sustrato (Figura 8).

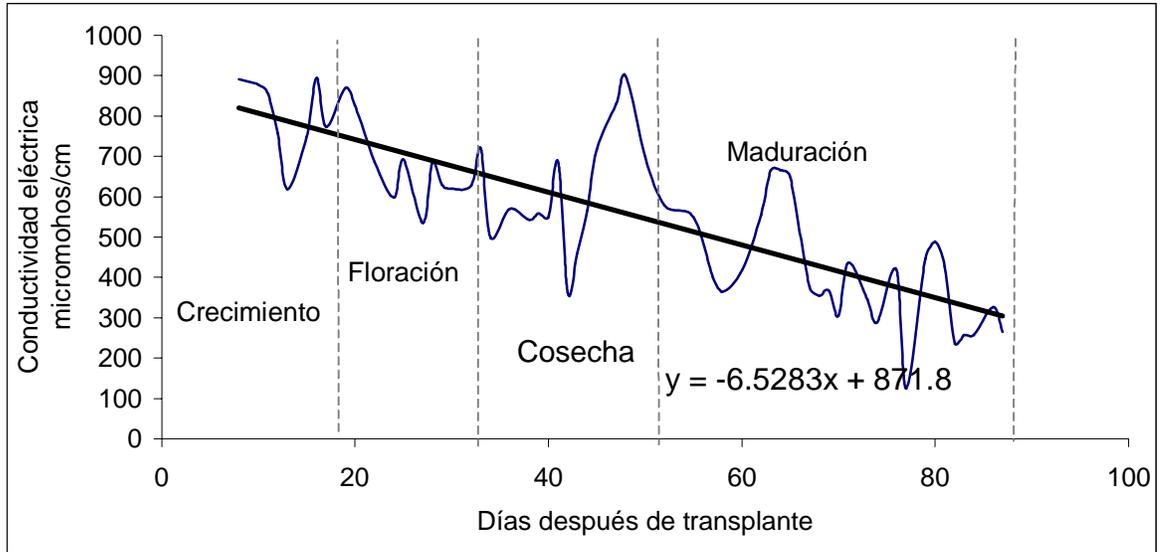


Figura 8. Conductividad eléctrica de las sondas de succión por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.

Coefficiente de Uniformidad de riego en el macro túnel G por etapa de cultivo

El Coeficiente de Uniformidad de riego presente en el macrotúnel G, es bajo y conforme avanza el cultivo es menor. El Coeficiente de Uniformidad de riego fue mayor en las etapas de crecimiento (70%) y floración (60%) (Figura 9). La tendencia del Coeficiente de Uniformidad está dada por la ecuación: $y = -0.0048x + 0.4712$

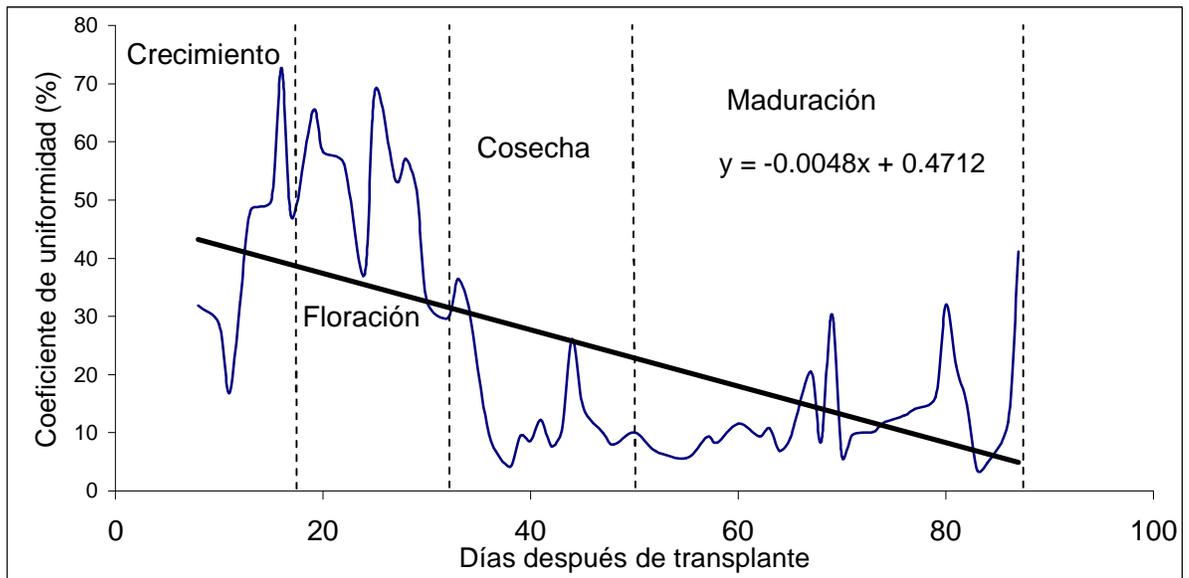


Figura 9. Coeficiente de Uniformidad de riego por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.

Porcentaje de drenaje en cada uno de los sectores de la línea de riego

Sector anterior (0-14 m)

Compuesto por las unidades de muestreo 1, 2, 7 y 8. La pérdida porcentual de agua es mayor en la etapa de maduración con 80% en promedio (Figura 10). La tendencia de drenaje del sector anterior está dada por la ecuación: $y = 0.497x + 24.764$

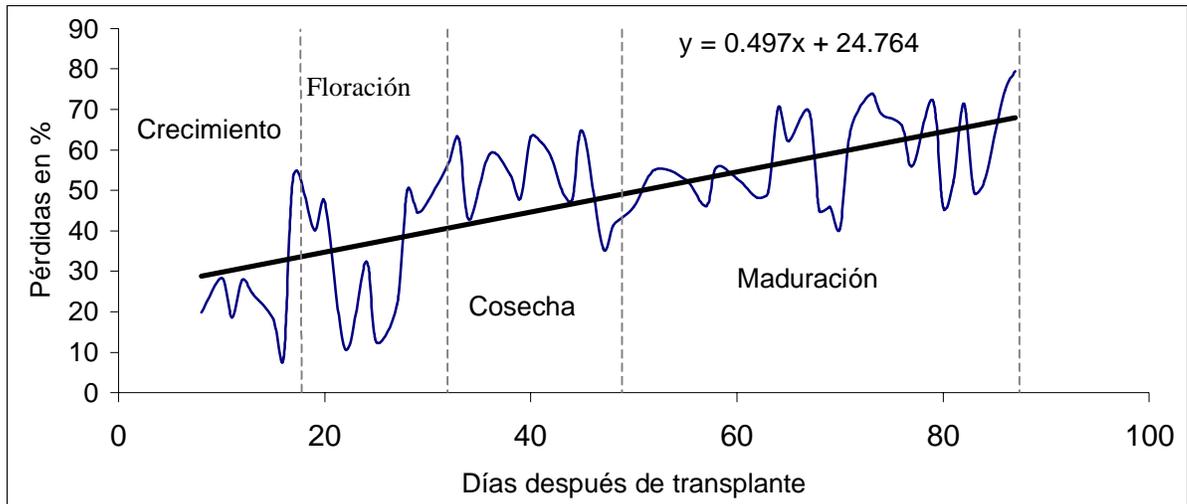


Figura 10. Drenaje 0-14 m sector anterior, por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras.2004.

Sector medio (14-28 m)

Compuesto por las unidades de muestreo 3, 4, 9 y 10. La pérdida porcentual de agua es mayor en la etapa de maduración con 60% en promedio (Figura 11). La tendencia de drenaje del sector medio está dada por la ecuación: $y = 0.4487x + 15.823$

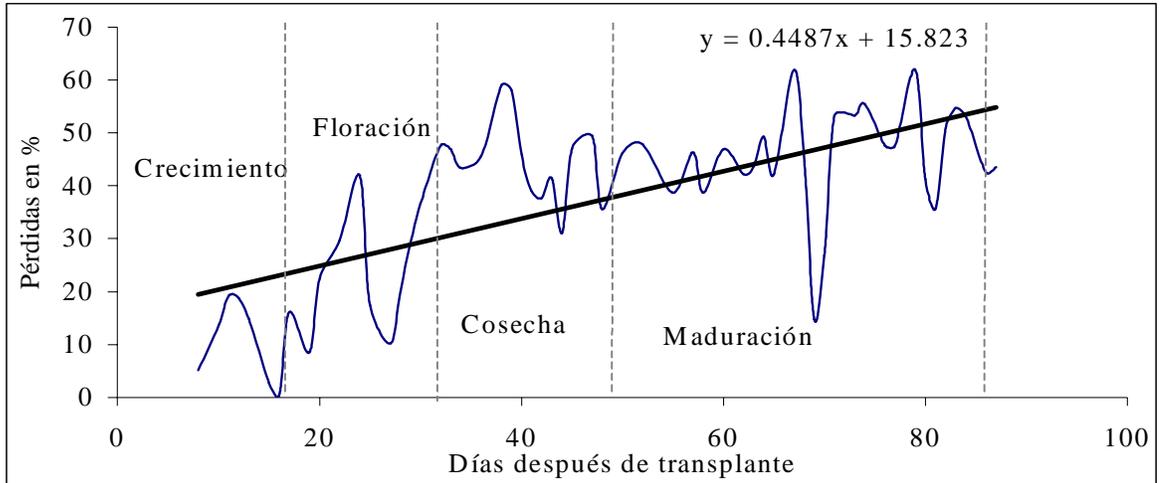


Figura 11. Drenaje 14-28 m sector medio por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.

Sector posterior (28-42 m)

Compuesto por las unidades de muestreo 5, 6, 11 y 12. La pérdida porcentual de agua es mayor en la etapa de maduración con 62% en promedio (Figura 12). La tendencia de drenaje del sector posterior esta dada por la ecuación: $y = 0.4x + 17.776$

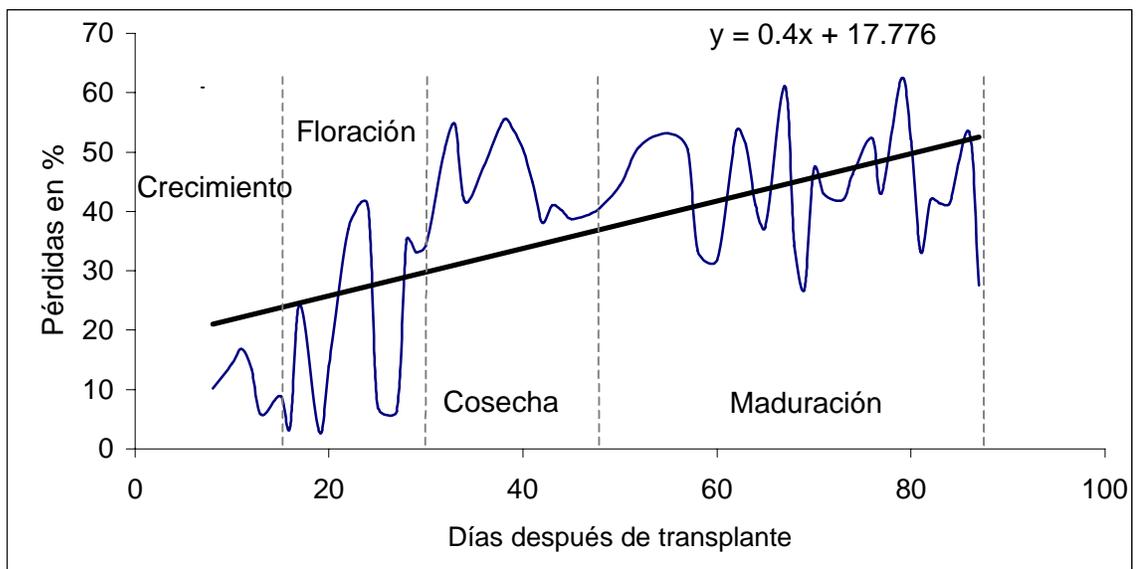


Figura 12. Drenaje 28-42 m sector bajo por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.

Comparación de drenaje de los sectores anterior, medio y posterior por etapa de cultivo

La tendencia en pérdidas de volúmenes de agua en porcentaje es mayor en el sector alto, los sectores medio y bajo son similares en cada una de las etapas de cultivo evaluadas (Figura 13).

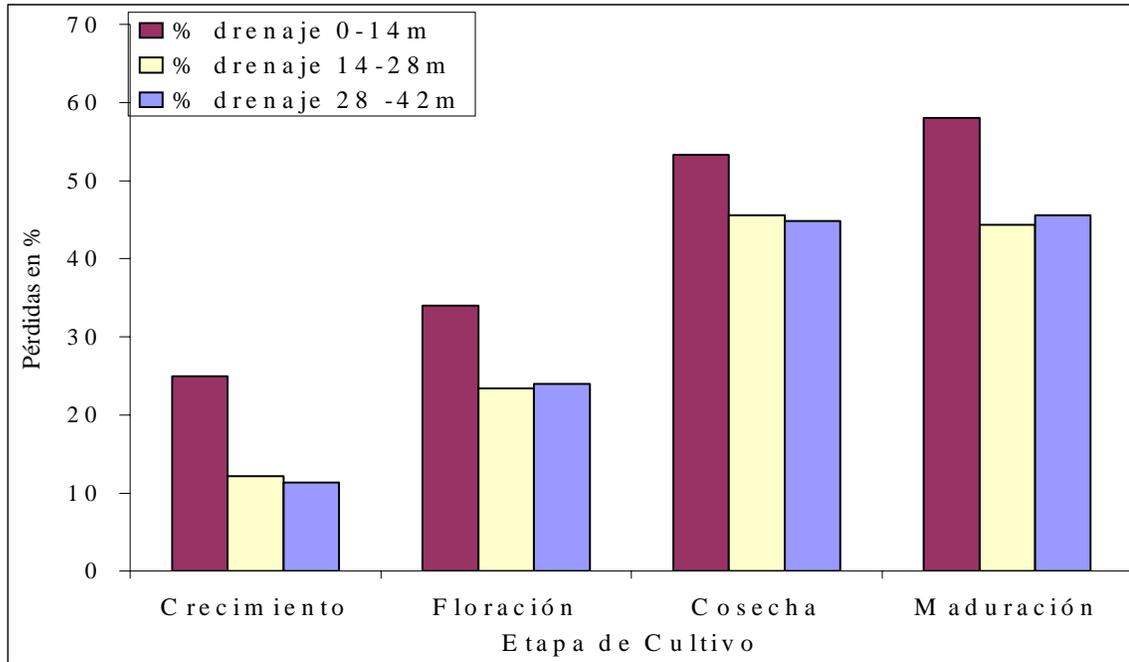


Figura 13. Comparación de drenajes de los sectores anterior, medio y posterior por etapa del cultivo de tomate del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.

El volumen de drenaje es proporcional al volumen de riego. El pH de la solución de riego se mantiene más estable que el de la solución de drenaje en las etapas del cultivo (crecimiento, floración y cosecha). El pH en la solución del sustrato fluctúa de igual manera que el de la solución de entrada y es mayor en la entrada, menor en la salida e intermedio de ambos en la solución del sustrato.

La conductividad eléctrica de la solución de entrada es siempre mayor que el de la solución de salida, lo cual denota el consumo de nutrientes por la planta. La CE decrece a medida que avanzan las etapas de la planta de manera similar en las soluciones de entrada, salida y en la solución del sustrato.

Cálculo de Volumen de Riego

Con base en los datos de retenciones de humedad del medio se elaboró el cuadro a diferentes tensiones (Anexo 5). Se calculó la lámina de riego en la cual el sustrato no se excederá del punto de saturación (Cuadro 3), cada bolsa tiene un volumen de 0.019 m^3 . El agua de reposición de riego se calculó como $1/3$ de la diferencia de capacidad de campo y punto de marchitez permanente más $2/3$ de capacidad de campo y saturación.

Cuadro 3. Cálculo de lámina de riego

Estado de Humedad	Humedad %	Tensión (Atm)	Volumen (L)	Diferencia (L)	Agua de riego/macetero (L)
Sat.	45.25	0.032	8.6	1.48	
CC	37.41	0.316	7.12		2.1
PMP	20.98	15.52	3.98	3.14	

Saturación
Capacidad de Campo(CC)
Punto de Marchitez Permanente (PMP)

Se debe aplicar un volumen de 2.1 L/macetero/turno de riego más un 30% para el lavado que evita la salinización del sustrato. Cada riego debe consistir en 2.7 L/turno. Como los microtúbulos tienen un caudal de 3.5 L/h, el tiempo de riego por turno es de 45 minutos con la presión adecuada. Las frecuencias de riego las determinará el clima y el consumo de la planta.

Pérdidas de nutrientes kg/ha/ciclo del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras 2004

Se encontró que lo aplicado en teoría, no fue lo que realmente se aplicó en el macrotúnel G con respecto al programa de fertilización (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación entre los kg/ha/ciclo teórico aplicados de cada nutriente y los kg/ha/ciclo encontrados de cada nutrientes.

Nutrientes	kg/ha/ciclo			Salida	Pérdida %
	Entrada		Teórico		
	Teórico	Estimado			
NH ₄	142	75	75	7	9
NO ₃	200	663	663	72	11
P	39	56	56	18	33
K	213	108	108	23	21
Ca	78	134	134	149	111
Mg	39	15	15	15	97
S	79	81	81	60	74

Pérdidas de macronutrientes kg/ha/ciclo del cultivo de tomate:

El nutriente que mayor se perdió fue el calcio (Ca) con 149 kg/ha/ciclo (Cuadro 5) y el elemento que más se aplicó fue el nitrógeno (N) en forma de nitrato con 663 kg/ha/ciclo (Figura 14) (Anexo 10).

Cuadro 5. Pérdida de nutrientes por etapa de cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.

Etapa	Pérdida/etapa (kg/ha)						
	NH4	NO3	P	K	Ca	Mg	S
Crecimiento	3.7	8.0	4.1	1.7	10.2	1.0	3.9
Floración	2.4	16.1	5.9	7.5	32.5	3.5	13.7
Inicio Cosecha	0.7	27.0	4.9	8.0	59.7	5.7	23.8
Maduración	0.3	20.9	3.4	5.8	46.6	4.4	18.5
Total	7.0	72.0	18.2	23.0	149.1	14.6	59.8

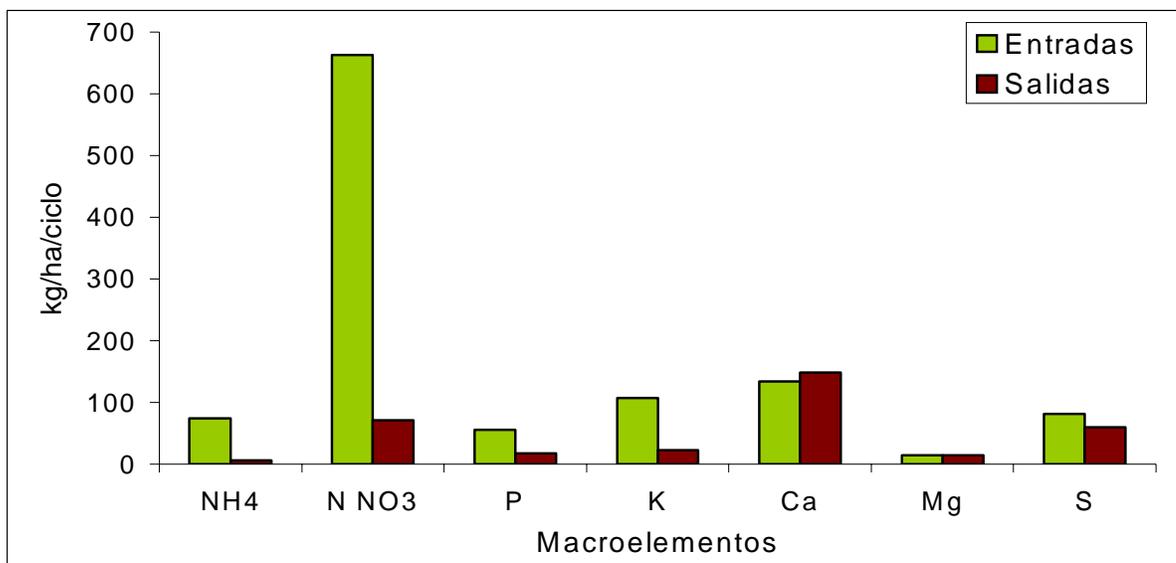


Figura 14. Comparación de entradas y salidas de macronutrientes del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004

Pérdidas de micronutrientes g/ha/ciclo del cultivo de tomate (Anexo 8) el nutriente que se perdió en mayores cantidades fue el manganeso (Mn) 1485 g/ha/ciclo y el nutriente que más se encontró en la solución fue el boro (B) 1199 g/ha/ciclo. (Figura 15).

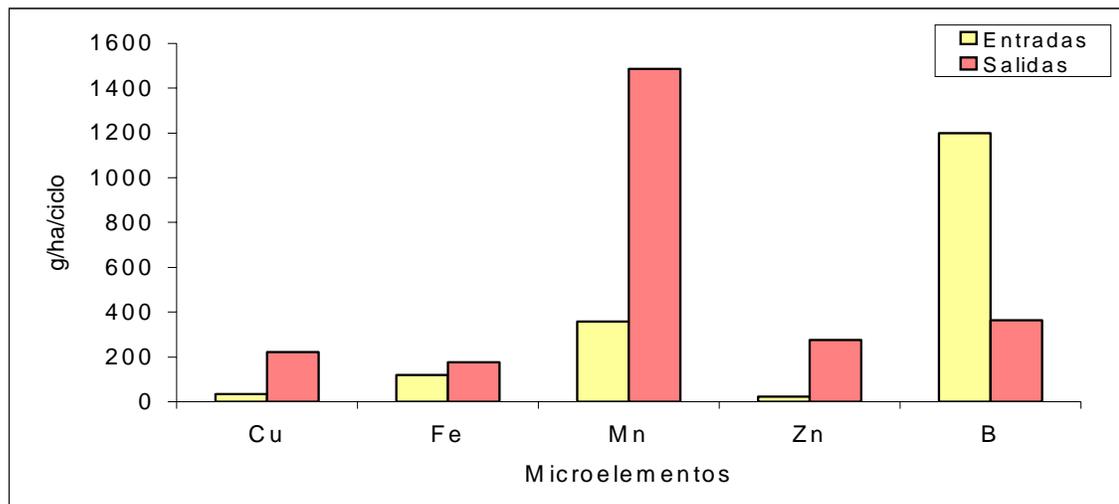


Figura 15. Comparación de entradas y salidas de micronutrientes del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.

El consumo de agua por etapa de cultivo dentro del macrotúnel G del cultivo de tomate variedad Alboran L/planta/día

Se nota que el consumo puede ser directamente consumido por la planta o acumulado en el sustrato (Cuadro 6).

Cuadro 6. Consumo de agua por etapa de cultivo del tomate variedad Alboran. Zamorano, Honduras. 2004.

Etapa de cultivo	L/planta/día		
	Entrada	Salida	Consumo
Crecimiento	1.0	0.3	0.7
Floración	3.2	1.7	1.6
Cosecha	4.0	1.9	2.1
Maduración	3.8	2.1	1.8

El consumo de agua por etapa de cultivo L/planta/día, aumentó conforme avanzan las etapas del cultivo, sin embargo, en la etapa de maduración disminuye un poco, siendo la etapa de inicio de cosecha la que presentó mayor consumo 2.1 L/planta/día.

Consumo de nutrientes por etapa fenológica del cultivo de tomate variedad Alboran kg/ha/ciclo

Es notable que el consumo pueda ser directamente consumido por la planta o acumulado en el sustrato debido a las fertilizaciones (Anexo 9).

Consumo de nitrógeno

En la etapa de cosecha es cuando se consume mayor cantidad de nitrógeno con 306kg/ha/ciclo que corresponde al 46% de lo aplicado al cultivo (Figura 16).

Consumo de fósforo

La cantidad de fósforo en la etapa que más se consume es de 18 kg/ha/ciclo en floración, que equivale a 48% de lo aplicado (Figura 17).

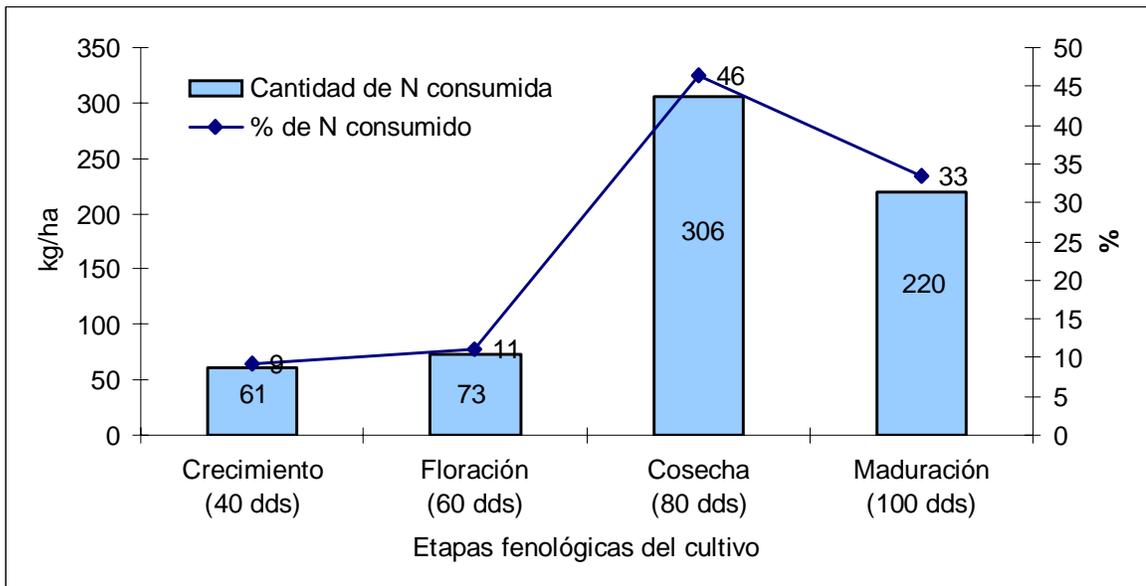


Figura 16. Consumo de nitrógeno por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.

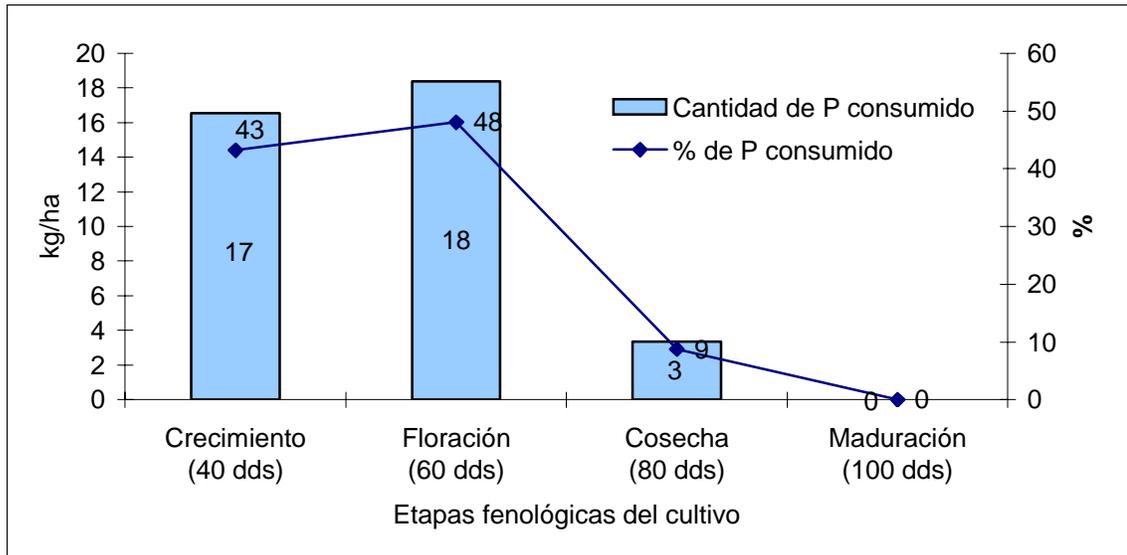


Figura 17. Consumo de fósforo por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.

Consumo de potasio

En la etapa de cosecha, el cultivo consume 40 kg/ha/ciclo que es su mayor consumo equivalente a 47% de lo aplicado de potasio (Figura 18).

Consumo de calcio

El consumo de calcio es mayor en la etapa de crecimiento y floración con 4 kg/ha/ciclo que equivale al 50% aplicado en ambas etapas (Figura 19).

Consumo de magnesio

En la etapa de crecimiento fue la de mayor consumo de magnesio con 1 kg/ha/ciclo, que equivale a 78% de lo aplicado en crecimiento (Figura 20).

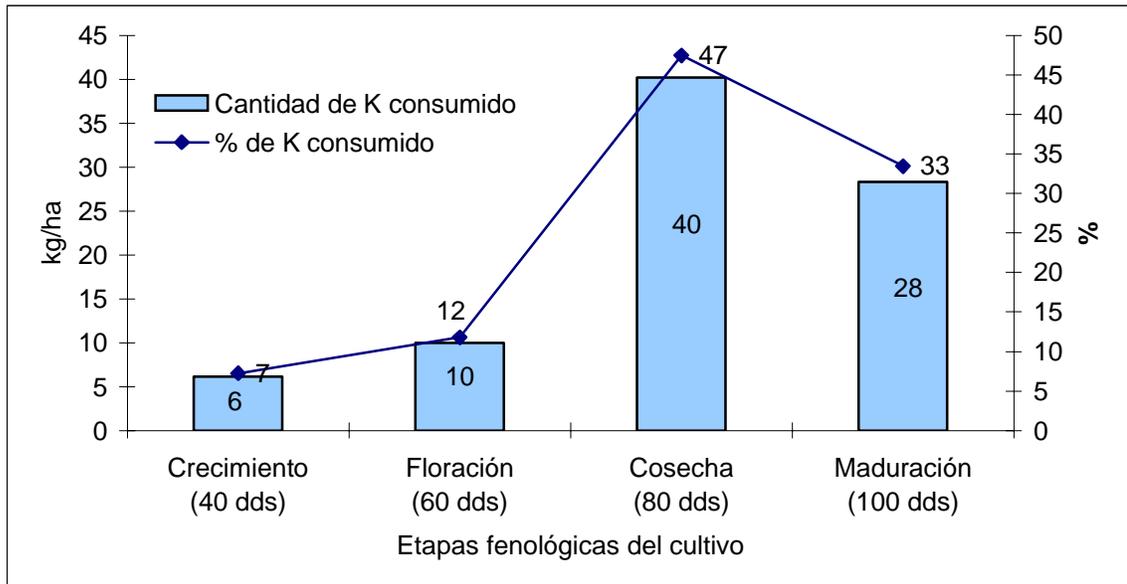


Figura 18. Consumo de potasio por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.

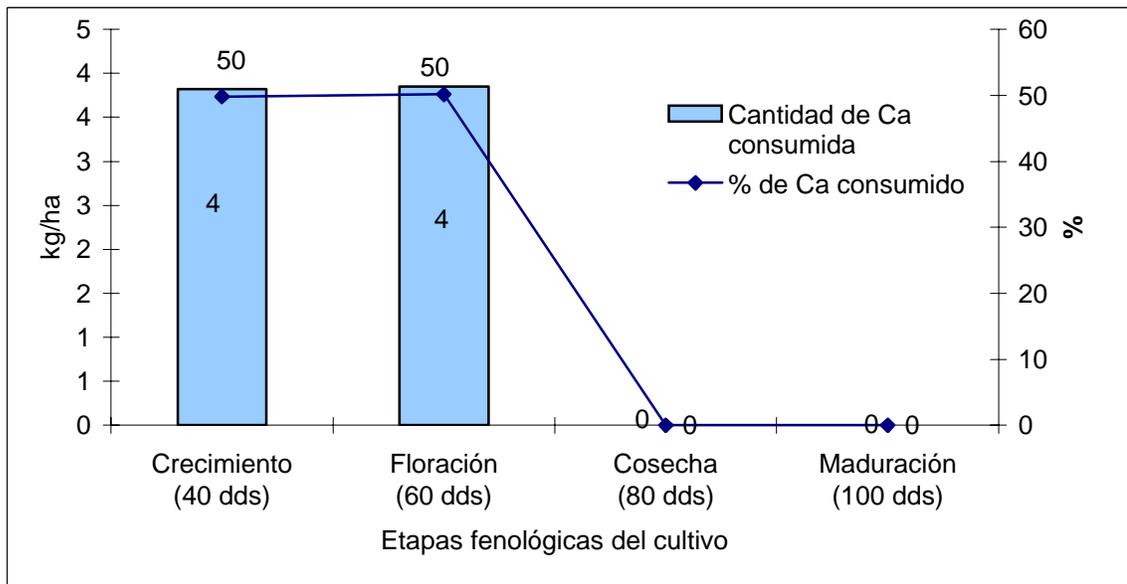


Figura 19. Consumo de calcio por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.

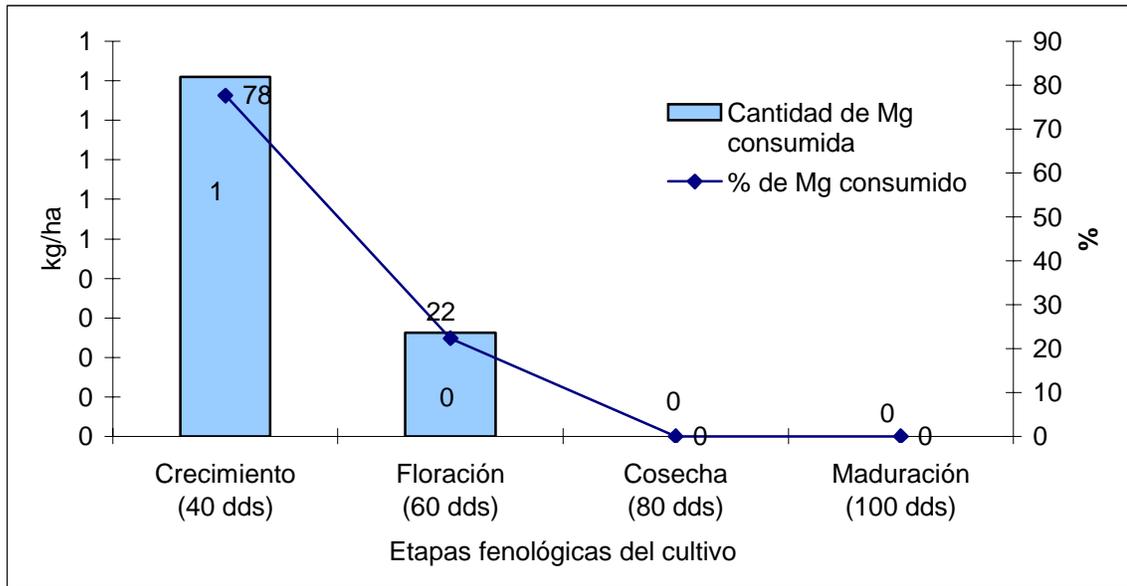


Figura 20. Consumo de magnesio por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.

4. CONCLUSIONES

Las pérdidas de agua y nutrientes más altas ocurren siempre en el sector anterior de la manguera de riego del sistema.

El coeficiente de uniformidad de riego en el sistema es bajo y disminuye conforme avanza el cultivo, siendo la etapa de crecimiento donde se encontró la mayor uniformidad, con un valor de 70% y la menor entre cosecha y madurez alcanzando valores hasta de 5%.

Los riegos no deben superar 2.7 L/planta/turno ya que a valores superiores el porcentaje de pérdidas de agua y nutrientes son mayores.

El aporte de fertilizantes por el sistema de riego difiere entre lo planeado y lo estimado, lo que evidencia imprecisión en la aplicación por diferentes causas (diferentes presiones, aperturas de válvulas a destiempos, entre otras).

El consumo de agua/planta/día aumenta según la etapa de cultivo hasta la etapa de inicio de cosecha, mostrando valores de: 0.7, 1.6, 2.1 y 1.8 L/planta/día para etapa de crecimiento, floración, inicio de cosecha y madurez, respectivamente.

Las pérdidas de macronutrientes corresponden a 7 kg/ha/ciclo de NH_4 , 72 kg/ha/ciclo de NO_3 , 18.2 kg/ha/ciclo de fósforo (P), 23 kg/ha/ciclo de potasio (K), 149 kg/ha/ciclo de calcio (Ca), 15 kg/ha/ciclo de magnesio (Mg) y 60 kg/ha/ciclo de azufre (S).

Los micronutrientes que se acumularon en el agua de drenaje no provienen de fertilizantes, con excepción del boro (B).

El nitrógeno (N) y potasio (K) se absorben en una mayor proporción en la etapa de inicio y cosecha (306 kg/ha/ciclo y 40 kg/ha/ciclo respectivamente).

El fósforo (P), calcio (Ca), y magnesio (Mg) se absorben en una mayor proporción al inicio en las etapas de crecimiento y floración.

5. RECOMENDACIONES

Usar la metodología de registros de volúmenes de entradas y salidas (drenaje) que es un herramienta básica para el monitoreo y control en un sistema de fertirriego.

Comercialmente establecer 1 lisímetro/invernadero en el sector del centro (20m) de la manguera de riego.

Aplicar riego máximo de 2.7 L/turno por planta.

Disminuir los tiempos de riego en las etapas de inicio de cosecha a maduración y aumentar la frecuencia de riego y de ser posible automatizar el sistema.

Reducir las aplicaciones de calcio (Ca) y magnesio (Mg), en especial en las etapas de inicio de cosecha y madurez, y sustituirlos por aplicaciones foliares en las etapas de mayor demanda del cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

Abad, M. (1993). Características y propiedades. Sustratos. En: Cultivos sin suelo. Instituto de Estudios Almeriense. FIAPA.

Aboukhaled, A.; Alfaro, J. y Smith, M. 1986. Los lisímetros. Estudio FAO riego y drenaje 39. Roma, Italia. 52 p.

Cadahia, C. 2000. Fertirrigación. Cultivos Hortícolas y Ornamentales. 2da edición Ediciones Mundi – Prensa. Barcelona, España. 375 p.

Cockshull, K.E. (1998). Plant responses and adaptation to water issue in greenhouse environment. Acta Horticulture, 458:201 – 206 p.

Egas, A. 2002. Evaluación agronómica de cuatro programas de fertilización y dos sustratos en tomate (*Lycopersicon sculentum*) bajo condiciones de macrotúnel en Zamorano. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 65 p.

Urrestarrazu, M. (2004). Tratado de cultivo sin suelo. 3ra. edición. Artes Gráficas Cuestas, S.A. Sesaña, 13. 28024 Madrid.

7. ANEXOS

Anexo 1. Enfermedades que se presentaron durante el ciclo del cultivo, productos químicos que se utilizaron para su control y la dosificación suministrada.

Etapa	Enf. o plaga	Producto 1	ppmil	Producto 2	ppmil	Producto 3	ppmil
Pl. ^Δ	Mosca Blanca	Actara ²	82 ml.				
Pl.	Cortador	Cebo	30 g.				
C.V [◊]	Mal del talluelo	Phyton 4	160 cc.				
C.V	Minador	Vertimec 0.6	30 cc	Adherente	18 cc		
C.V	Minador	Vitamina	1	Vydate 5	150 cc	Ac. Salici.	2.49 gr
C.V	Minador	Arribo 1	20 cc	Adherente	20 cc		
C.V	Spodoptera	Sunfire	20 ml.				
C.V	Mal del talluelo	Confidor	60 g	Phyton ²	60 ml		
C.V	Mal del talluelo	Daconil 4	12 ml.	Adherente	3 ml		
C.V	Ácaros	Denitol 1.5	38 cc	Adherente	55 ml.		
C.V	Mal del talluelo	Phyton ²	80 cc				
C.V	Minador	Vertimec 0.6	18 cc	Adherente	30 cc		
C.V	Minador y MB	Regent 0.5	25 cc	Dorado 8	400 cc	Adherente	50 cc
Flora. [□]	Minador y MB	Evisect 1.5	38 g	Adherente	55 cc		
Flora.	Mosca Blanca	Muralla 2	90 cc	Adherente	30 cc		
Flora.	Minador, Spod.	Vertimec 0.6	30 cc	Thiodan 3	150 cc	Adherente	50 cc
Flora.	Phytium	Ridomil 2	60 cc	Adherente	30 cc		
Flora.	Afidos y MB	Pegasus 1	40 cc	Adherente	40 cc		
Flora.	Bacteriosis	Bacteriófago	175 cc				
Flora.	Bacteriosis	Oxitet 1.25	625 g	Adherente	45 cc		
Cose. [✱]	Spodoptera	Xentary	100 g	Dorado8	400 cc	Adherente	50 cc
Cose.	Spodoptera	Mimic	50 cc	Adherente	50 cc		
Cose.	MB	Vydate	150 cc	Adherente	30 cc		
Cose.	Def. de Ca y B	Phyton ²	50 cc	Ca-B ³	75 cc	Adherente	25 cc
Cose.	Prevención	Neem ⁴	100 ml	Dhytane ⁴	100 g	Oxicloruro	80 g
Cose.	Alternaria	Dhytane ⁴	120 g	Ca-B ³	120 cc	Adherente	90 cc

Pl.^Δ: Etapa de plántula

C.V[◊]: Etapa de crecimiento vegetativo

Flora.[□]: Etapa de Floración y cuaje de frutos

Cose.[✱]: Etapa Cosecha

Anexo 2. Análisis de sustrato previo a trasplante.

VARIABLES	Extraíble	Soluble	Porcentaje (%)
pH	4.9		
CIC meq/100g	21		
MO (%)	4.6		
CE micromohos/cm	5.36		
N total (%)	0.2		
NO3 (ppm)		173	
P (ppm)	371	3	0.8
K (ppm)	304	19	6.3
Ca (ppm)	3,790	19	0.5
Mg (ppm)	210	329	156.7...
Cu (ppm)	4.1		
Fe (ppm)	427		
Mn (ppm)	134		
Zn (ppm)	21		

% de Materia Orgánica se obtuvo por el método de Walkley & Black

% de Nitrógeno es igual al 5% de la Materia Orgánica

pH Relación suelo : agua; 1:1

Anexo 3. Análisis de sustrato en maduración.

VARIABLES	Extraíble	Soluble	Porcentaje (%)
pH	4.5		
CIC	22		
MO (%)	5.8		
CE (meq/100g)	7.83		
N total (%)	0.3		
NO3 (ppm)		416	
P (ppm)	410	4	1.0
K (ppm)	158	10	6.3
Ca (ppm)	3,860	433	11.2
Mg (ppm)	240	52	21.7
Cu (ppm)	4.4		
Fe (ppm)	450		
Mn (ppm)	130		
Zn (ppm)	21		

% de Materia Orgánica se obtuvo por el método de Walkley & Black

% de Nitrógeno es igual al 5% de la Materia Orgánica

pH Relación suelo : agua; 1:1

Anexo 4. Análisis de muestra de entradas de agua por etapa de cultivo.

Etapas	mg/L Soluble											
	NH4	NO3	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Crecimiento	118	124	46	23	34	6	27	0.00	0.04	0.17	0.04	0.63
Floración	68	127	66	21	39	5	27	0.02	0.12	0.28	0.04	0.63
Cosecha	51	69	32	23	48	5	24	0.01	0.05	0.25	0.01	0.79
Maduración	0	268	3	38	37	4	24	0.01	0.02	0.02	0.00	0.12

Anexo 5. Análisis de muestra de volumen de solución de agua drenada por etapa de cultivo.

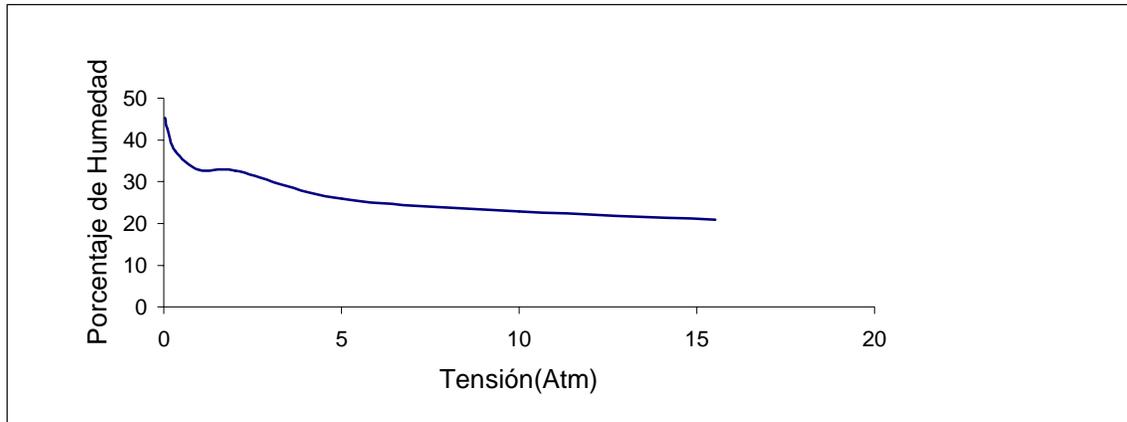
Etapas	mg/L Soluble											
	NH4	NO3	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Crecimiento	56	147	45	22	135	14	30	0.05	0.15	1.57	0.23	0.75
Floración	32	55	38	12	76	7	34	0.02	0.13	0.63	0.15	0.57
Cosecha	6	41	15	19	83	9	35	0.02	0.10	0.85	0.15	0.38
Maduración	1	43	7	12	96	9	38	0.02	0.11	0.95	0.18	0.28

Anexo 6. Análisis de muestra de sustrato de porcentaje de humedad.

	Porcentaje de Humedad								
	Sat.		CC				PMP		
PF	1.5	2	2.5		3	3.3	3.5	4	4.191
Atm	0.032	0.1	0.316		1	1.995	5.012	10	15.524
Promedio	45.25	42.5	37.41		32.76	32.7	25.9	22.98	20.98

Saturación (Sat)
 Capacidad de Campo (CC)
 Punto de Marchitez Permanente (PMP)

Anexo 7. Porcentaje de retención de humedad del sustrato, usado para el cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004.



Anexo 8. Comparación de entrada de micronutrientes al sistema de riego entre las entradas y salidas en g/ha/ciclo al macrotúnel G. Zamorano, Honduras. 2004

Microelementos	g/ha/ciclo		Pérdida %
	Entradas	Salidas	
Cu	35	223	643
Fe	120	176	147
Mn	357	1,485	416
Zn	22	277	1,240
B	1,199	364	30

Anexo 9. Consumo de nutrientes por etapas fenológicas del cultivo de tomate variedad Alboran del macrotúnel G, Zamorano, Honduras. 2004.

Variables	Consumo/etapa/kg/ha											
	NH4	NO3	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Crecimiento	25.2	35.4	16.5	6.1	3.8	0.9	4.19	0.003	0.017	0.001		0.13
Floración	36.3	36.2	18.4	10.0	3.8	0.3	4.47					0.45
Cosecha	6.8	299.1	3.3	40.2			8.04					0.17
Maduración		220.1		28.3			3.13					0.05
Total	68.3	590.8	38.3	84.7	7.7	1.2	19.8	0.0	0.0..	0.0	-	0.8

Anexo 10. Pérdida promedio porcentual de nutrientes por etapa del cultivo de tomate variedad Alboran en el macrotunel G Zamorano, Honduras. 2004.

Etapa	Pérdida promedio (%)						
	NH4	NO3	P	K	Ca	Mg	S
Crecimiento	12	19	19	20	70	47	34
Floración	6	32	25	44	92	96	76
Inicio Cosecha	5	9	99	17	116	102	73
Maduración	0	9	124	17	138	119	84
Promedio/ciclo	8	17	67	24	104	91	67