

Curvas de absorción de nutrientes en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.*) bajo condiciones de campo en Zamorano

Ronald José Navarrete Ganchozo

ZAMORANO
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria
Noviembre, 2005

ZAMORANO
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

Curvas de absorción de nutrientes en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.*) bajo condiciones de campo en Zamorano

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
Al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por

Ronald José Navarrete Ganchozo

ZAMORANO
Noviembre, 2005

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

Ronald José Navarrete Ganchozo

ZAMORANO
Noviembre, 2005

Curvas de absorción de nutrientes en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.*) bajo condiciones de campo en Zamorano

Presentado por:

Ronald José Navarrete Ganchozo

Gloria Arévalo de Gauggel, M.Sc.
Asesor Principal

Abelino Pitty, Ph.D.
Coordinador del Área Temática

José María Miselem L, M.Sc.
Asesor

Abelino Pitty, Ph.D.
Director Interino de Carrera Ciencia
y Producción Agropecuaria

Carlos Gauggel, Ph.D.
Asesor

George Pilz, Ph.D.
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley, D.BA.
Rector

DEDICATORIA

A mis padres con mucho cariño, José y Dayse. Gracias a ellos he logrado lo que he me propuesto.

A toda mi familia.

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso, por darme fuerzas todos los días y permitirme alcanzar mis metas.

A mis padres, su apoyo me ha permitido superarme con persona y profesional. Los quiero mucho.

A la Ingeniera Gloria de Gauggel, por sus consejos, conocimientos y deseos de llevar a cabo esta investigación.

Al Ingeniero José María Miselem, por sus enseñanzas y motivaciones que permitieron culminar con mi proyecto.

Al Dr. Carlos Gauggel, mentor de mis ideales, profesor y un buen amigo. Algún día espero ser como él.

Al personal del laboratorio de Suelos: la ingeniera Hilda Flores, Martha y Jacqueline. Sin ellos este trabajo no se hubiera terminado.

A los Ingenieros Luís De Jesús y Francisco Cueva, por su contribución en el desarrollo de este trabajo. Gracias por ser buenos amigos.

A mi compañero de cuarto, Wilmer Pacheco, por haberme soportado durante estos 4 largos años. Nunca te olvidaré mi gran amigo.

A mi mejor amigo, Nelson Proaño, por ser como eres y como serás. Aunque nos parecemos mucho, somos muy diferentes.

A Carlos Villavicencio, con quien llegué a tener una amistad muy estrecha durante mi cuarto año de estudio. Gracias por a ayudarme y sobretodo, gracias por ser mi pana.

A mis amigos José, Víctor, Jorge, Marcos, Diego, Michael, Rafael, Gabriel, Iván y Fernando; por su grata compañía en estos 4 años. Siempre recordaré los momentos de risas y bromas. Los voy a extrañar.

RESUMEN

Navarrete, Ronald. 2005. Curvas de absorción de nutrientes en el cultivo de pepino bajo condiciones de campo en Zamorano. Proyecto especial del programa de Ingeniería en Ciencia y Producción Agropecuaria, Zamorano, Honduras. 32 p.

Los estudios de absorción contabilizan la extracción o consumo de nutrientes de un cultivo para completar su ciclo de producción. Estos estudios no constituyen una herramienta de diagnóstico como lo es el análisis foliar, sino más bien, contribuye a dar solidez a los programas de fertilización. El objetivo del estudio fue elaborar curvas de absorción de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn y B y curva de acumulación de materia seca, considerando órganos y etapas fenológicas en el cultivo de pepino variedad Tropic Cuke II. El estudio se realizó en una parcela de 136 m² en el lote 29 de zona 3 que pertenece a la Empresa Universitaria de Horticultura de la Escuela Agrícola Panamericana "Zamorano, Honduras; donde se tuvieron cuatro réplicas sin tratamientos. El estudio se inició a los 10 días después de transplante (DDT) hasta los 75 DDT. La absorción de nutrientes en kg/ha fue: N = 126.8, P = 40.1, K = 278.9, Ca = 68.6, Mg = 17.5, S = 17.7, Cu = 0.1, Fe = 0.6, Mn = 0.1, Zn = 0.2 y B = 0.2. La extracción de elementos mayores (kg/ton) fue: N = 1.97, P = 0.62, K = 4.34, Ca = 1.07, Mg = 0.27, S = 0.28; y menores (g/ton) fue: Cu = 1.26, Fe = 9.35, Mn = 2.08, Zn = 2.73, B = 2.36. La materia seca total acumulada en kg/ha fue de 4740.14. El K fue el nutriente que más extrajo el cultivo, debido a su alta concentración en la planta y el fruto, este último con el 67% de la materia seca total. El tallo-pecíolo conforman el 23%, las hojas el 9% y las raíces el 1%. La mayor absorción de nutrientes se concentra entre los días 23 y 75 DDT, pero la mayor tasa de absorción y acumulación de materia seca (kg/ha/día) se dio entre los días 23 y 33 DDT, a razón de 126 kg/ha/día de materia seca. El N, P, K, Ca, Cu y Zn se absorbieron progresivamente, con la máxima absorción entre los 33 y 75 DDT. El Mg y Fe tuvieron la mayor absorción entre los 23 y 75 DDT. El azufre tuvo su máxima absorción a los 75 DDT, pero deja de absorber entre los 23 y 33 DDT. El Mn tiene su máxima absorción a los 33 DDT, pero se reduce a los 75 DDT. El B se absorbe de manera similar entre los 10 y 33 DDT, con el máximo de absorción entre los 33 y 75 DDT. Los nutrientes en su mayoría tienden a ser absorbidos en mayor cantidad entre los 33 y 75 DDT, debido al intervalo de tiempo más largo (42 días). La fertilización debe realizarse poco antes de los máximos picos de absorción y fraccionado según el requerimiento de absorción en cada etapa (kg/ha/ciclo): N= 312, K₂O=187, CaO= 100, MgO= 60, B= 1 y Mn= 0.5 en forma de quelato. No se debe aplicar fósforo porque el suelo está en la capacidad de suplirlo.

Palabras clave: Absorción, concentración de nutrientes, *cucumis sativus*, materia seca.

CONTENIDO

Título.....	i
Portadilla.....	ii
Autoría.....	iii
Página de firmas.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos.....	vi
Resumen.....	vii
Contenido.....	viii
Índice de cuadros.....	x
Índice de figuras.....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
2.1 UBICACIÓN.....	3
2.2 CULTIVO.....	3
2.3 SUELO.....	3
2.4 ANÁLISIS DE TEJIDO.....	4
2.5 BIODISPONIBILIDAD.....	4
2.6 PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE LAS CURVAS DE ABSORCIÓN.....	4
2.7 VARIABLES DETERMINADAS.....	5
2.7.1 Agronómicas.....	5
2.7.2 Análisis foliar.....	5
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
3.1 SUELO.....	6
3.1.1 Condición física.....	6
3.1.2 Condición química.....	8
3.2 ANÁLISIS FOLIAR.....	8
3.3 BIODISPONIBILIDAD.....	9
3.4 ANÁLISIS DE TEJIDO.....	9
3.5 VARIABLES AGRONÓMICAS.....	10
3.5.1 Altura de la planta.....	10
3.6 CURVA DE ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA.....	11
3.7 CONSUMO DE NUTRIENTES.....	11
3.8 RENDIMIENTO.....	12
3.9 CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES.....	12

4. CONCLUSIONES	19
5. RECOMENDACIONES	20
6. BIBLIOGRAFÍA	21

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de dos perfiles de suelo en el lote 29 de zona 3 en la E.A.P, Zamorano, 2005.	7
Cuadro 2. Análisis de suelo antes del cultivo en el lote 29, zona 3 en Zamorano, 2005.....	8
Cuadro 3. Análisis de suelo después del cultivo en el lote 29, zona 3 en Zamorano, 2005.	8
Cuadro 4. Análisis foliar antes de floración en el cultivo de pepino en la E.A.P, Zamorano, 2005.	9
Cuadro 5. Biodisponibilidad de nutrientes en el lote 29, zona 3 en la E.A.P, Zamorano, 2005.	9
Cuadro 6. Análisis de tejido en el cultivo de pepino por etapa en la E.A.P, Zamorano, 2005.	10
Cuadro 7. Altura por etapa en el cultivo de pepino en la E.A.P, Zamorano, 2005.....	10
Cuadro 8. Consumo de nutrientes en el cultivo de pepino en la E.A.P, Zamorano, 2005..	12
Cuadro 9. Tasa de extracción de nutrientes en el cultivo de pepino en la E.A.P, Zamorano, 2005.	12
Cuadro 10. Nutrientes extraídos por tonelada durante el ciclo de cultivo de pepino en la E.A.P, Zamorano, 2005.	12
Cuadro 11. Etapas de mayor absorción de nutrientes en el cultivo de pepino en la E.A.P, Zamorano, 2005.	18
Cuadro 12. Fertilizantes a aplicar en el cultivo de pepino en la E.A.P, Zamorano, 2005. .	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de las características texturales de las calicatas descritas en el lote 29, zona 3 en Zamorano, 2005.....	6
Figura 2. Curvas de acumulación de materia seca por órgano y etapa en el cultivo de pepino en Zamorano, 2005.	11
Figura 3. Curva de absorción de nitrógeno para el cultivo de pepino variedad Tropic Cuke II en Zamorano, 2005	13
Figura 4. Curva de absorción de fósforo para el cultivo de pepino variedad Tropic Cuke II en Zamorano, 2005.....	13
Figura 5. Curva de absorción de potasio para el cultivo de pepino variedad Tropic Cuke II en Zamorano, 2005.	14
Figura 6. Curva de absorción de calcio para el cultivo de pepino variedad Tropic Cuke II en Zamorano, 2005.	14
Figura 7. Curva de absorción de magnesio para el cultivo de pepino variedad Tropic Cuke II en Zamorano, 2005.....	15
Figura 8. Curva de absorción de azufre para el cultivo de pepino variedad Tropic Cuke II en Zamorano, 2005.....	15
Figura 9. Curva de absorción de cobre para el cultivo de pepino variedad Tropic Cuke II en Zamorano, 2005.	16
Figura 10. Curva de absorción de hierro para el cultivo de pepino variedad Tropic Cuke II en Zamorano, 2005	16
Figura 11. Curva de absorción de manganeso para el cultivo de pepino variedad Tropic Cuke II en Zamorano, 2005.	17
Figura 12. Curva de absorción de zinc para el cultivo de pepino variedad Tropic Cuke II en Zamorano, 2005.	17
Figura 13. Curva de absorción de boro para el cultivo de pepino variedad Tropic Cuke II en Zamorano, 2005.	18

1. INTRODUCCIÓN

La nutrición vegetal es una disciplina integrada entre fisiología vegetal y edafología que define y estudia los procesos de asimilación, disponibilidad y requerimiento de nutrimentos tanto a nivel molecular, celular, histológico como en el ambiente físico para la planta (interfase suelo-planta) (Gauggel 2004).

La fertilidad de suelos es la rama de la ciencia del suelo que define y estudia los factores y procesos en el suelo (fracción mineral, orgánica hídrica y atmosférica) que influyen en la producción de biomasa (vegetal, animal y microbiológica). Estos factores son químicos, físicos, morfológicos, biológicos y climáticos que influyen y determinan la disponibilidad de nutrientes (Gauggel 2004).

Estas disciplinas generan un sinergismo que proveen los conceptos y las prácticas para generar una mayor producción de alimentos y fibras para el consumo y uso directo para los humanos; además, alimento y energía indirecta para los productos de origen animal.

Las extracciones nutritivas de los cultivos y más concretamente las cantidades que los cultivos exportan del suelo, son un dato imprescindible para establecer un balance aproximado de los diferentes elementos nutritivos del sistema suelo-planta. Sin embargo, las extracciones no son una medida que determina las exigencias reales de los cultivos (Domínguez 1989).

Los estudios de absorción contabilizan, de una u otra forma, la extracción o consumo de nutrientes de un cultivo para completar su ciclo de producción. Estos estudios no constituyen una herramienta de diagnóstico como lo es el análisis foliar, sino más bien, contribuye a dar solidez a los programas de fertilización. Concretamente, permiten conocer la cantidad de nutrientes que es absorbida por un cultivo para dar un rendimiento dado, en un tiempo definido (INPOFOS 2004).

Los datos provenientes de estos estudios constituyen una medida real, quizá lo más real, de la cantidad de nutrientes que consume un cultivo de la siembra a la cosecha y por lo tanto, representan las cantidades mínimas a las que debe tener acceso un cultivo para producir un determinado rendimiento. Estos estudios pueden ser puntuales, como los que se refieren a requisitos totales y de cosecha, o las llamadas curvas de absorción que evalúan todo el ciclo de vida del cultivo (Bertsch 2003).

El cultivo de pepino, en el que se basa este estudio, demanda cantidades específicas de nutrientes según la etapa de desarrollo en que se encuentra. Por esta razón se pretende estimar de manera precisa las cantidades que consume la planta en relación con la etapa fenológica.

El pepino es una planta exigente en clima cálido, por consiguiente es una hortaliza de verano. La siembra en el valle del Zamorano puede hacerse durante todo el año, siendo el período seco el más favorable para su cultivo. Si bien el cultivo del pepino requiere ciertas condiciones de calor, no es tan exigente como los cultivos de melón y sandía. Se puede cultivar con éxito en un rango de temperatura de 15° a 25° C, aunque la semilla germina normalmente de 15° a 30° C (Montes 1999).

Puede ser cultivado en una amplia gama de suelos, desde los arenosos hasta los franco-arcillosos, aunque los suelos francos que poseen abundante materia orgánica son los ideales. Deben tener una profundidad efectiva mayor de 60 cm que facilite la retención de agua y el crecimiento del sistema radicular para lograr buen desarrollo y excelentes rendimientos. En cuanto a pH, el cultivo se adapta a un rango de 5.5-7.5, donde el óptimo está entre 6-7. Se debe evitar suelos ácidos con pH menores a 5.5 y soporta bien un pH de 8 (FAO 2003).

El objetivo principal consistió en determinar las curvas de absorción de nutrientes del cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.*) variedad Tropic Cuke II a través de sus etapas fenológicas bajo condiciones de campo en Zamorano.

Como objetivos específicos se consideró: Determinar la demanda precisa de elementos mayores y menores a través de las etapas fenológicas del cultivo; determinar etapas de mayor demanda nutricional; elaborar una curva de acumulación de materia seca, considerando órganos y etapas fenológicas de la planta; proponer un programa de fertilización para las condiciones de Zamorano de acuerdo a la demanda de nutrientes durante la vida del cultivo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 UBICACIÓN

El estudio se realizó en una parcela de 136 m² aproximadamente a 40 m de la estación de riego en el lote 29 de zona 3 que pertenece a la empresa universitaria de Horticultura de la Escuela Agrícola Panamericana “Zamorano”, ubicada a 30 Km. de Tegucigalpa, a una altitud de 800 msnm, con una precipitación y temperatura promedio anual de 1100 mm y 22°C, respectivamente.

2.2 CULTIVO

Se estableció en una cama de siembra a doble hilera con una separación de 0.2 m entre planta y 1.8 m entre cama, dando una densidad de 55.556 plantas/ha. La fertilización se hizo mediante el sistema de riego por goteo aplicando 100 kg/ha de nitrógeno. Para el manejo de plagas del suelo (nematodos) se mantuvo un programa de fumigación con Vidate® (oxamil). Las prácticas agronómicas y las etapas fenológicas que corresponden al cultivo se definieron con base en la experiencia de la Empresa Universitaria de Horticultura de la Escuela Agrícola Panamericana “Zamorano”¹.

2.3 SUELO

Se hizo una caracterización de las propiedades físicas y químicas en la parcela, incluyendo un análisis químico de suelos al inicio y final del estudio. La caracterización de perfiles típicos del suelo se hizo por medio de dos calicatas (1m x 1m x 1m), donde se determinó en cada horizonte el color según las Tablas Munsell (Washable 2000), textura (método del tacto), estructura, consistencia, poros, límite, resistencia a la penetración (kg/m²) utilizando el penetrómetro de bolsillo (Forestry 2005) y el límite entre horizontes, de acuerdo a los parámetros establecidos por la FAO (1977).

El análisis químico se realizó en el laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana y comprendió: Reacción del suelo (pH), método 1:1 en agua; materia orgánica mediante el método Walkley and Black y nitrógeno estimado como el 5% de esta. Calcio, magnesio, potasio, fósforo, cobre, hierro, manganeso y zinc extraídos con la solución Melich 3, determinados mediante absorción atómica y el fósforo por colorimetría. Boro y azufre extraídos con solución extractora de fosfato de calcio, determinados por colorimetría.

¹ Ing. José María Miselem. Comunicación personal. 2004.

2.4 ANÁLISIS DE TEJIDO

Los análisis de tejido se realizaron con intervalos de tiempo dependiendo de la duración de cada etapa. Al final de cada etapa, cada muestreo comprendió la planta entera.

La muestra de la etapa de plántula (etapa 1) se recolectó 10 días después de transplante (DDT); la de crecimiento vegetativo (etapa 2) se tomó 23 días DDT; la de floración (etapa 3) se tomó a los 33 DDT y la muestra de fructificación y cosecha (etapa 4) se recolectó al final de la vida del cultivo, correspondiendo al día 75 DDT. Los frutos durante la etapa de fructificación y cosecha se iban recolectando a medida aparecían.

Cada planta muestreada se separó por órgano (raíz, tallo-pecíolo, hojas y frutos) pesando cada uno de ellos para obtener el peso húmedo. Se secaron a 80 °C hasta llegar a peso constante, obteniendo el peso seco por órgano en cada etapa.

El fruto seco obtenido periódicamente de cada cosecha se almacenó como submuestras. Al terminar la cosecha se mezcló todo el material y se hizo un análisis químico del tejido al final del ciclo de cultivo. Se hizo al análisis destructivo de los tejidos para conocer el contenido nutricional, se usó el método de extracción por digestión húmeda con ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno para extraer P, Ca, K, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn y B, determinados por absorción atómica. El P se determinó mediante colorimetría y el N por Kjeldahl.

2.5 BIODISPONIBILIDAD

Para determinar la matriz de biodisponibilidad se tomaron los datos del análisis foliar obtenidos del muestreo antes de floración y el análisis de suelo antes del establecimiento del cultivo.

2.6 PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE LAS CURVAS DE ABSORCIÓN

1. Se seleccionó la variedad de pepino Tropic Cuke II.
2. Se tuvieron cuatro repeticiones de 32 plantas cada una dentro de la cama de siembra; cada repetición tuvo cuatro grupos de ocho plantas, cada grupo representó una etapa fenológica en cada repetición.
3. Se tomaron tres plantas por cada repetición en las etapas de plántula (00-10 días DDT) y crecimiento vegetativo (11-23 días DDT), haciendo una muestra total de 12 plantas para obtener: peso fresco, peso seco de cada órgano (raíz, tallo-pecíolo y hojas) y concentraciones de nutrientes en el tejido total de la planta mezclando los órganos. En las etapas de floración (24-33 días DDT), fructificación y cosecha (34-75 días DDT) se tomaron dos plantas de cada repetición, haciendo una muestra total de 8 plantas por etapa, debido a que tenían cantidad de material vegetativo suficiente para el análisis de tejido. Cada muestreo se hizo al final de cada etapa.

4. Cada planta se separó por órgano (raíz, tallo-pecíolo, hojas y frutos) pesando cada uno de ellos para obtener el peso húmedo y seco.
Se sumó la biomasa seca acumulada expresándola en (kg/ha) en cada etapa fenológica, obteniendo de la sumatoria de todos los órganos, el total por etapa.
5. Se obtuvo la curva de crecimiento en kg/ha, acumulando el peso ganado por etapa a través del tiempo.
6. Se determinó la concentración de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn y B) presente en el total de tejidos de la planta en cada etapa. El fruto seco obtenido periódicamente y acumulado de cada cosecha se almacenó y se hizo un análisis químico de todo el tejido al final del ciclo de cultivo.
7. Se calculó la cantidad de cada nutriente acumulado en el tejido (kg/ha) multiplicando la materia seca promedio por planta y la concentración porcentual de nutriente en cada etapa. Se sumó el contenido de cada nutriente de las cuatro etapas para obtener la extracción total, con el cual se encontró el porcentaje de nutriente absorbido por etapa. Para calcular el peso seco en una hectárea, se consideró una densidad de 55.556 plantas por hectárea.
8. Se elaboraron las curvas de absorción de nutrientes expresadas en porcentaje de absorción por etapa y acumulado.

2.7 VARIABLES DETERMINADAS

2.7.1 Agronómicas

Los muestreos se realizaron al día 10, 23, 33 y 75 DDT, en los cuales se midieron: altura de la planta, largo de raíces y número de hojas.

2.7.2 Análisis foliar

El objetivo del análisis es conocer el estado nutricional de la planta antes del período de floración. Se tomó la tercera hoja madura más joven al final de la etapa de crecimiento vegetativo. El análisis se realizó en el laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana, determinando los siguientes elementos con sus respectivos métodos. Potasio, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn extraídos por el método de digestión húmeda con ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno y determinado por absorción atómica. Fósforo por digestión húmeda con ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno, determinado por colorimetría. Nitrógeno por el método de Kjeldahl. Boro y S por digestión seca con nitrato de magnesio, determinados por colorimetría.

2.7.3 Análisis de las variables

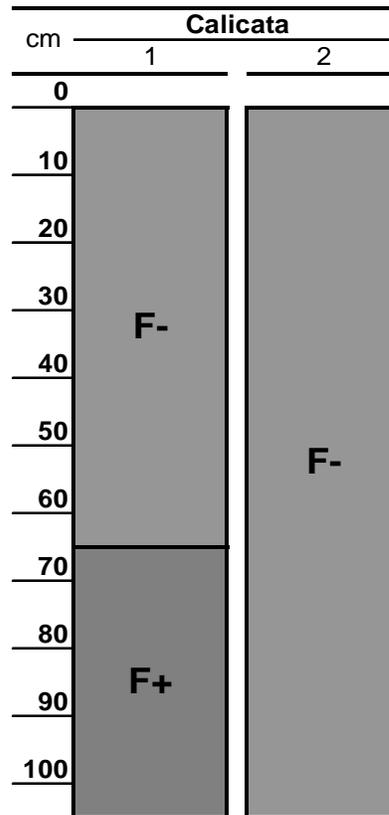
Para el análisis de las variables determinadas se utilizó estadística descriptiva, obteniendo el promedio de las réplicas para determinar la absorción de nutrientes, acumulación de materia seca y altura en cada etapa fenológica.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 SUELO

3.1.1 Condición física

La descripción física muestra que los primeros 65 cm al inicio de la cama de siembra (calicata 1) presenta textura franco arcillosa sobre arcillosa; mientras que al final de la cama de siembra (calicata 2) se presenta la misma clase textural en todo el perfil, como se presenta en la Figura 1. Se encontró también horizontes masivos entre los 18 y 65 cm en los 2 perfiles estudiados, tal como se muestra en el cuadro 1; siendo más superficial al final de la cama como resultado de la forma de preparación de suelo usada.



Clases texturales: M = Texturas Medias (Franco limoso, Franco arenoso y Franco); F- = Texturas con arcillas livianas (Franco arcilloso, Franco limoso, Franco arcillo arenoso); F+ = Textura con arcilla pesada (Arcilloso, Arcilloso limoso, Arcillo arenoso); G = Grava; NF = Nivel freático.

Figura 1. Diagrama de las características texturales de las calicatas descritas en el lote 29, zona 3 en Zamorano, 2005.

Cuadro 1. Descripción de dos perfiles de suelo en el lote 29 de zona 3 en la E.A.P, Zamorano, 2005.

Calicata 1

Hor	Prof (cm)	Color	Text	Estructura			C.H.	R.P.	Poros			Raíces		Límite	
				tipo	Grado	Clase		(kg/cm ²)	Tam	For	Can	Tam	Cant	Top	Nit
Ap	0-38	10YR 3/3 Pardo oscuro	FAr	g	m	m	f	0.55	g	v	p	f y g	p	p	d
Ad	38-52	10YR 3/1 Gris oscuro	FAr	m			mfi	>4.5	mf	t	p	mf	p	p	a
Bg	52-65	10YR 4/1 Gris muy oscuro	FAr	ba			fi	>4.5	mf	t	p	f	p	p	a
Ab	65-X	10YR 3/1 Gris oscuro	Ar	bsa	m	g	f	2.23	f	t	p		a	o	

Calicata 2

Hor	Prof (cm)	Color	Text	Estructura			C.H.	R.P.	Poros			Raíces		Límite	
				tipo	Grado	Clase		(kg/cm ²)	Tam	For	Can	Tam	Cant	Top	Nit
Ap	0-18	10YR 2/2 Pardo muy oscuro	FAr	g	m	m	mf	0.27	g	v	p	f	p	o	d
Ad	18-36	10YR 3/1 Gris oscuro	FAr	m			mfi	>4.5	mf	t	p	mf	p	o	g
Bw	36-72X	10YR 3/3 Pardo oscuro	FAr A	bsa	m	g	fi	2.06	mf	t	p		a	o	

Abreviaturas: Hor =Horizonte; Prof =Profundidad; Tex =Textura; C.H. =Consistencia en húmedo; R.P. =Resistencia a la penetración; **Poros:** Tam =Tamaño; For =Forma; Cant =Cantidad; **Raíces:** Tam = Tamaño; Cant =Cantidad; **Límite entre horizontes:** Top =Topografía; Nit =Nitidez. **Textura:** A = Arenoso; AF= Arenoso franco; FA= Franco arenoso; F= Franco; FL= Franco Limoso; L= Limoso; FArA= Franco Arcillo Arenoso; FAr = Franco Arcilloso; FArL= Franco Arcillo Limoso; ArA= Arcillo Arenoso; ArL= Arcillo Limoso; Ar=Arcilloso. **Estructura: Tipo:** mi: migajosa; g: granular; ba: bloques angulares; bsa: bloques subangulares; p: prisma; m: masivo; la: laminar; c: columnar. **Grado:** d: débil; m: moderado; f: fuerte; **Clase:** mf: muy finos; f: finos; m: medianos; g: gruesos; mg: muy gruesos. **Consistencia: En húmedo:** s: suelto; mf: muy friable; f: friable; fi: firme; mfi: muy firme. **Poros: Tamaño:** t: todos los tamaños; g: gruesos; m: medianos; f: finos; mf: muy finos; a: ausentes. **Forma:** planares; v: vesiculares; t: tubulares. **Cantidad:** p: pocos. **Raíces: Tamaño:** mf: muy finas; f: finas; g: gruesas. **Cantidad:** a: ausentes; p: pocos. **Límite: Topografía:** p: plano; o: ondulado. **Nitidez:** a: abrupto; d: difuso.

3.1.2 Condición química

El análisis químico de suelo muestra que el N se encontró bajo, el Mg óptimo y el P, K, Ca, Fe, Mn, Cu y Zn se encontraron en niveles altos en el suelo. Por otro lado, el pH se encontró por encima del rango óptimo, lo que puede afectar la disponibilidad de los nutrientes, especialmente los elementos menores, que son menos disponibles a medida se incrementa el pH (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de suelo antes del cultivo en el lote 29, zona 3 en Zamorano, 2005.

Muestra	Profundidad (cm)	pH (H ₂ O)	% M.O. N total		ppm (Extractable)										meq/100g mmhos/cm	
			P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	CIC	C.E.		
Calicata 1	00 - 40	7.21	2.31	0.12	495	834	2990	210	110	3.6	372	147	9	2.4	13.5	3
Calicata 2	00 - 40	7.36	2.23	0.11	409	672	2710	200	80	3.5	374	138	8.1	1.2	13.8	1.9
			2.00	0.20	13	150	1000	180	20	1.70	56	28	1.7	0.5	10	0 - 2
Rango Medio			4.00	0.50	30	280	2500	250	80	3.4	112	112	3.4	8	20	no salino
Interpretación				B [£]	A [¥]	A	A	O [€]	O	A	A	A	A	O		

£: Bajo; €: Óptimo; ¥: Alto

El análisis de suelo después del cultivo muestra que hubo una reducción en la concentración de todos los nutrientes, debido a la absorción por la planta. La concentración de S pasó de un rango óptimo a bajo; mientras que el Cu pasó de alto a óptimo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de suelo después del cultivo en el lote 29, zona 3 en Zamorano, 2005.

Muestra	Profundidad (cm)	pH (H ₂ O)	% M.O. N total		ppm (Extractable)										meq/100g mmhos/cm	
			P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	CIC	C.E.		
Calicata 1	00 - 40	7.11	1.61	0.08	481	562	2850	210	20	3	302	136	9.0	0.9	13.25	0.6
Calicata 2	00 - 40	6.73	2.07	0.10	395	514	2520	180	18	3	318	131	7.5	0.5	12.75	0.7
			2.00	0.2	13	150	1000	180	20	1.7	56	28	1.7	0.5	10	0 - 2
Rango Medio			4.00	0.5	30	280	2500	250	80	3.4	112	112	3.4	8	20	no salino
Interpretación				B [£]	A [¥]	A	A	O [€]	B	O	A	A	A	O		

£: Bajo; €: Óptimo; ¥: Alto

3.2 ANÁLISIS FOLIAR

La concentración de N, P, K, Mg, S, Fe y Zn se encontraron dentro de los niveles óptimos, mientras que el Cu estuvo por encima del nivel requerido. A pesar que el Ca, Mn y B se encontraron altos en el suelo, los niveles foliares estuvieron por debajo del óptimo

requerido como se muestra en el Cuadro 4; indicando que existe alguna limitante física o química que afecta su biodisponibilidad.

Cuadro 4. Análisis foliar antes de floración en el cultivo de pepino en la E.A.P. Zamorano, 2005.

	%						ppm				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Foliar	4.92	0.71	3.24	1.52	0.43	0.35	12	260	47	29	22
Niveles óptimos	4.3-6	0.3-1	3.10-5.5	2.4-4	0.35-1	0.32-0.7	8-10	50-300	50-300	25-200	30-100
Interpretación	O [€]	O	O	B [£]	O	O	A [¥]	O	B	O	B

£: Bajo; €: Óptimo; ¥: Alto

3.3 BIODISPONIBILIDAD

En el análisis de suelo el N se encontró deficiente, pero a pesar de eso muestra una adecuada biodisponibilidad, lo que indica que el cultivo es eficiente en utilizar el N proveniente del riego por goteo (Cuadro 5).

El Ca y el Mn se encontraron altos en el suelo, mientras que el B se encontró a un nivel medio; sin embargo muestran baja biodisponibilidad al estar en bajas concentraciones en la hoja. Por el contrario, el N, P, K, Mg, Fe y Zn muestran tener adecuada biodisponibilidad al encontrarse altos en el suelo y un nivel medio en la hoja. El Cu se encontró alto en el suelo y alto en la hoja, por lo que su biodisponibilidad es alta (Cuadro 5).

Cuadro 5. Biodisponibilidad de nutrientes en el lote 29, zona 3 en la E.A.P. Zamorano, 2005.

Biodisponibilidad	Nutriente
Deficiente	-----
Bajo	Ca, Mn, B
Adecuado	N, P, K, Mg, Fe, Zn, S
Alto	Cu

3.4 ANÁLISIS DE TEJIDO

La concentración de N y P en el tejido disminuye durante todo el ciclo a medida la planta crece, incrementándose en el fruto. Esto indica que la planta remueve nutrientes de un órgano para llevarlos a los lugares de mayor demanda. No todos los nutrientes son móviles como el N y P. La concentración de Ca disminuye progresivamente durante las primeras tres etapas, incrementándose considerablemente en la etapa de fructificación y

² Gauggel, C. 2004. Clase de Manejo de Suelos y Nutrición vegetal.

cosecha; sin embargo, la concentración en el fruto es muy baja, indicando poca movilidad hacia ese órgano (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis de tejido en el cultivo de pepino por etapa en la E.A.P, Zamorano, 2005.

Etapa	Órgano	DDT [£]	%						ppm				
			N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Plántula	planta	10	4.36	0.86	5.00	1.88	0.44	0.35	14	159	45	38	20
Crecimiento vegetativo	planta	23	3.27	0.81	5.2	1.64	0.45	0.46	15	228	66	49	39
Floración	planta	33	2.68	0.92	5.46	1.61	0.51	0.09	16	195	71	46	28
Fructificación y cosecha	planta	75	1.96	0.76	5.07	3.17	0.46	0.36	29	260	46	28	42
Frutos [€]	fruto	33-75	3.09	0.90	6.36	0.45	0.32	0.34	10	50	18	43	26

€: Frutos acumulados entre el día 33 y 75, correspondientes a la etapa de fructificación y cosecha.

£: Días después de transplante.

La concentración de K se incrementó progresivamente en las tres primeras etapas y disminuye en la cuarta etapa. La disminución de la concentración en la planta (sin incluir fruto) durante fructificación y cosecha e incremento en el fruto, indica que este elemento se mueve con facilidad dentro de la planta. La concentración de Mg se incrementó continuamente durante todo el ciclo, mostrando niveles más bajos en el fruto. La concentración de elementos menores Cu, Mn y Zn aumentaron progresivamente de plántula a floración; después no presentaron un patrón definido en su comportamiento. El Fe y B no tuvieron un patrón de comportamiento.

3.5 VARIABLES AGRONÓMICAS

3.5.1 Altura de la planta

El mayor crecimiento se da durante la etapa de fructificación y cosecha; sin embargo, el crecimiento más acelerado se obtuvo durante la etapa de floración con 9.1 cm/día (Cuadro 7).

Cuadro 7. Altura por etapa en el cultivo de pepino en la E.A.P, Zamorano, 2005.

Etapa	DDT [£]	Altura (cm)		
		acumulada	por etapa	por día
Plántula	10	14	14	1.4
Crecimiento vegetativo	23	79	65	5.0
Floración	33	170	91	9.1
Fructificación y cosecha	75	275	105	2.5

£: Días después de transplante.

3.6 CURVA DE ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA

Esta curva explica el crecimiento de la planta con base en la ganancia de biomasa expresada como peso seco a través del tiempo. La máxima acumulación de materia seca se dio durante la etapa de fructificación y cosecha, siendo el 60% del total acumulado. Sin embargo, la mayor tasa de acumulación de materia seca se dio entre los 23 y 33 DDT, ya que la pendiente en este intervalo de tiempo es mayor (Figura 2), mostrando una acumulación de 126 kg/ha por día.

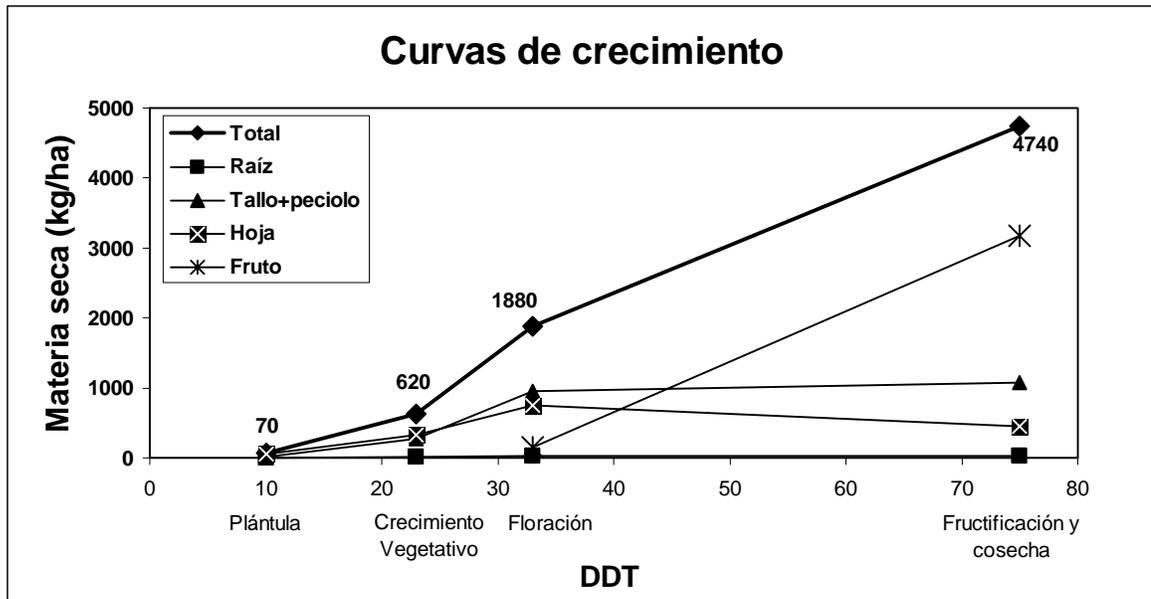


Figura 2. Curvas de acumulación de materia seca por órgano y etapa en el cultivo de pepino en Zamorano, 2005.

La acumulación de materia seca en las raíces fue menor respecto a los demás órganos, seguido por las hojas. El tallo y pecíolo acumularon mayor cantidad de biomasa que los anteriores, sin embargo, el fruto es el órgano que mayor biomasa formó en este cultivo. No se tomó la totalidad de raíces debido a la dificultad de su extracción en el campo, solamente lo que se encontraba a 20 cm de profundidad y 15 cm de radio alrededor del tallo en cada planta.

3.7 CONSUMO DE NUTRIENTES

Al conocer la concentración de nutrientes en el tejido del cultivo, se estimó la extracción de cada elemento que realiza la planta. El nutriente que más extrajo la planta fue el K, seguido del N, Ca y P. El K lo absorbió en mayor cantidad durante la fructificación y cosecha con 176.2 kg/ha, que corresponde al 63% del total consumido (Cuadro 8).

El mismo comportamiento se dio con el N, P, Ca, Mg, S, Cu y B. El Fe y Zn presentan una absorción similar durante floración y fructificación y cosecha, mientras que el Mn se consume más durante la floración.

Cuadro 8. Consumo de nutrientes en el cultivo de pepino en la E.A.P, Zamorano, 2005.

DDT [£]	kg/ha										
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
10	3.1	0.6	3.5	1.3	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	17.2	4.4	28.7	8.9	2.5	2.6	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
33	30.2	12.3	70.5	20.1	6.8	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0
75	76.3	22.8	176.2	38.3	7.9	14.8	0.1	0.2	0.0	0.1	0.1
Total	126.8	40.1	278.9	68.6	17.5	17.7	0.1	0.6	0.1	0.2	0.2

£: Días después de trasplante.

A pesar que la mayor acumulación de nutrientes se dio en la etapa de fructificación y cosecha (33-75 DDT), la mayor tasa de absorción para N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn y B ocurrió durante la floración (23-33 DDT). Este comportamiento se debe la alta tasa de acumulación de materia seca durante esa etapa (Cuadro 9).

Cuadro 9. Tasa de extracción de nutrientes en el cultivo de pepino en la E.A.P, Zamorano, 2005.

DDT [£] días/etapa		kg/ha/día											
		Extracción											Acumulación
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Materia seca
10	10	0.31	0.06	0.35	0.13	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7
23	13	1.32	0.34	2.21	0.68	0.19	0.20	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	42
33	10	3.02	1.23	7.05	2.01	0.68	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	126
75	42	1.82	0.54	4.19	0.91	0.19	0.35	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	68

£: Días después de trasplante.

3.8 RENDIMIENTO

El rendimiento obtenido en la parcela experimental de 136 m² fue de 6,4 kg/m² que equivalen a 64 ton/ha. El Cuadro 10 muestra la cantidad de nutrientes extraídos por tonelada de producto producido.

Cuadro 10. Nutrientes extraídos por tonelada durante el ciclo de cultivo de pepino en la E.A.P, Zamorano, 2005.

kg/ton						g/ton				
N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
1.97	0.62	4.34	1.07	0.27	0.28	1.26	9.35	2.08	2.73	2.36

3.9 CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES

El patrón de consumo para la mayoría de nutrientes muestra una mayor absorción en la última etapa del cultivo, dado por la mayor cantidad de materia seca y porque el fruto es el que más consume nutrientes.

Las Figuras 3 a la 13 muestran la absorción de nutrientes en porcentaje del total consumido (barras) y el total acumulado a lo largo del ciclo (líneas). Para todos los nutrientes, excepto el azufre, la mayor tasa de absorción en kg/ha por día se dio durante el día 23 y 33 DDT, correspondiente a la etapa de floración.

N

La mayor absorción de este elemento se dio durante la etapa de de fructificación y cosecha, siendo el fruto el mayor demandante (Figura 3).

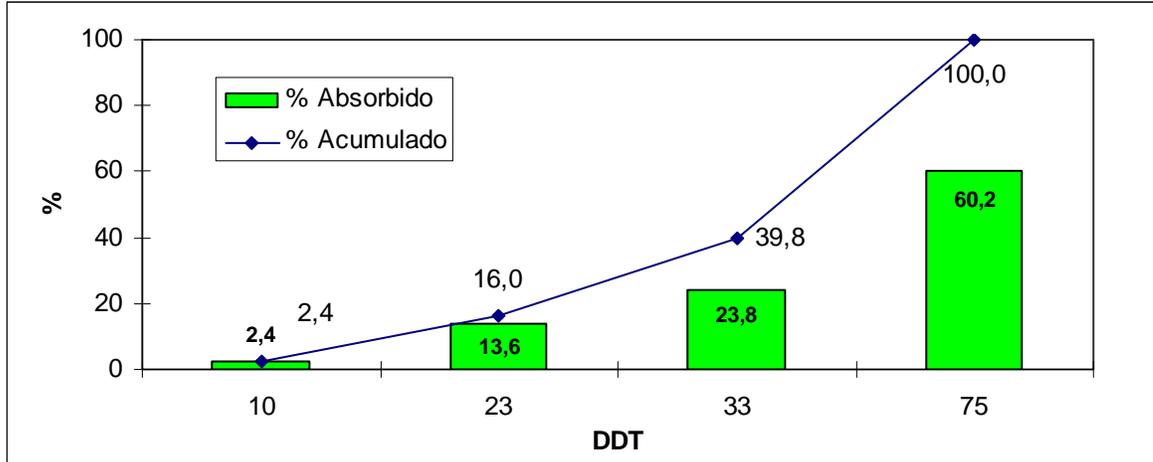


Figura 3. Curva de absorción de nitrógeno para el cultivo de pepino variedad Tropic Cuke II en Zamorano, 2005.

P

El mayor porcentaje de absorción de fósforo también se dio en la etapa de fructificación y cosecha, teniendo un comportamiento similar a la absorción de N (Figura 4).

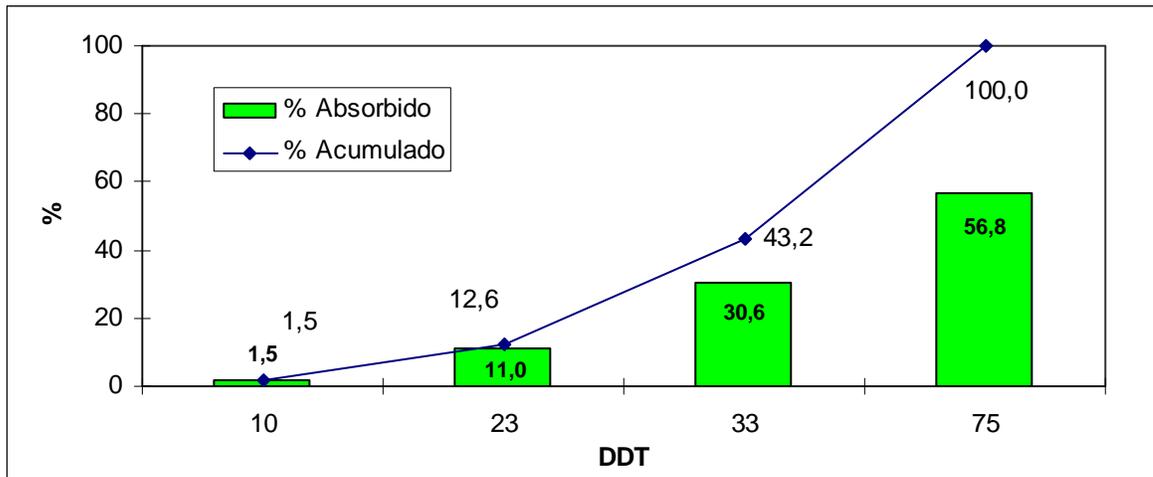


Figura 4. Curva de absorción de fósforo para el cultivo de pepino variedad Tropic Cuke II en Zamorano, 2005.

K

Este nutriente es altamente demandado por la planta, presentando altas concentraciones tanto en el tejido vegetativo como en el fruto. El pico de mayor absorción se dio durante la última etapa del cultivo, siendo el fruto el mayor demandante (Figura 5).

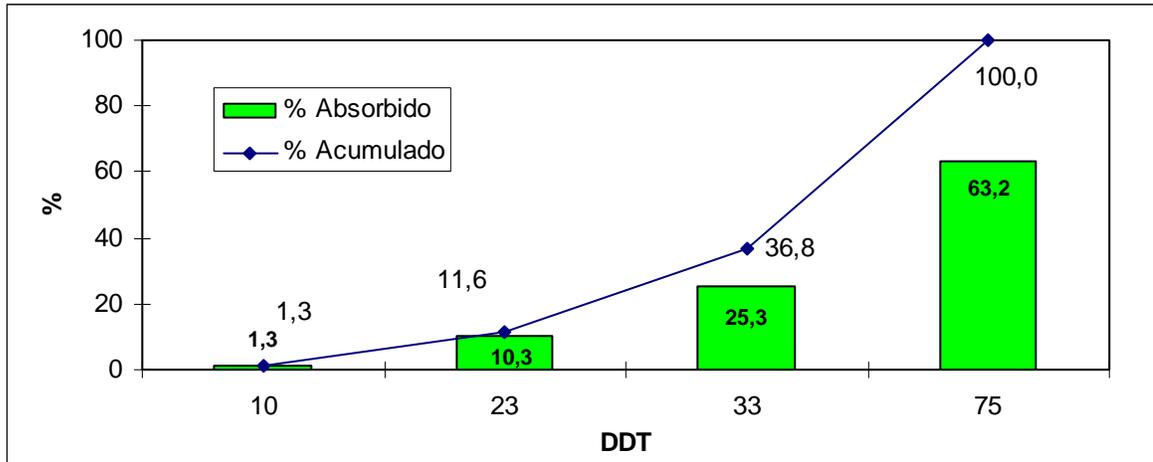


Figura 5. Curva de absorción de potasio para el cultivo de pepino variedad Tropic Cuke II en Zamorano, 2005.

Ca

El pico de absorción se dio en la etapa de fructificación y cosecha, pero este elemento al final del ciclo presente una mayor concentración en la parte vegetativa de la planta y no en el fruto (Figura 6).

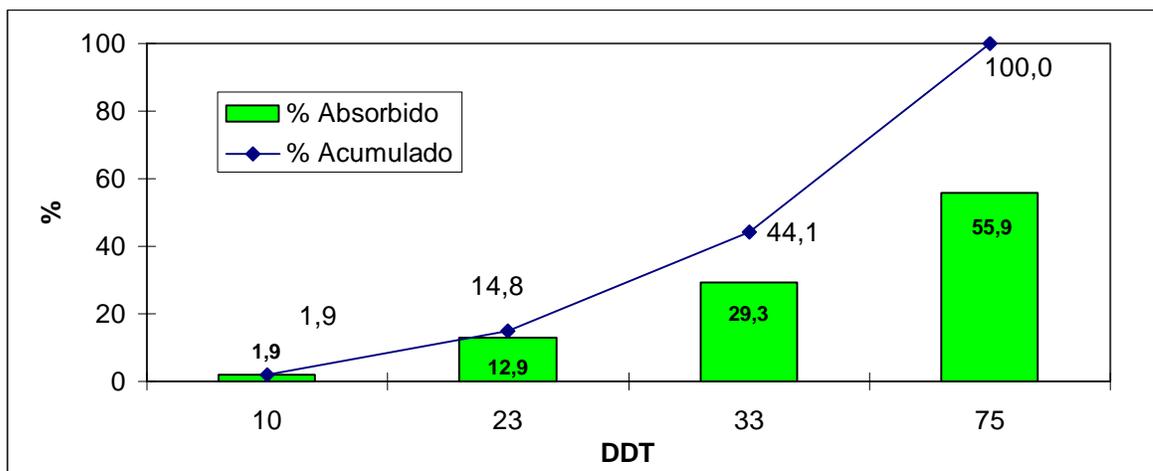


Figura 6. Curva de absorción de calcio para el cultivo de pepino variedad Tropic Cuke II en Zamorano, 2005.

Mg

El mayor pico de absorción se dio en la etapa final con un 45% del total absorbido; sin embargo, en la etapa de floración se absorbe con similar magnitud representando el 38.8% del total (Figura 7).

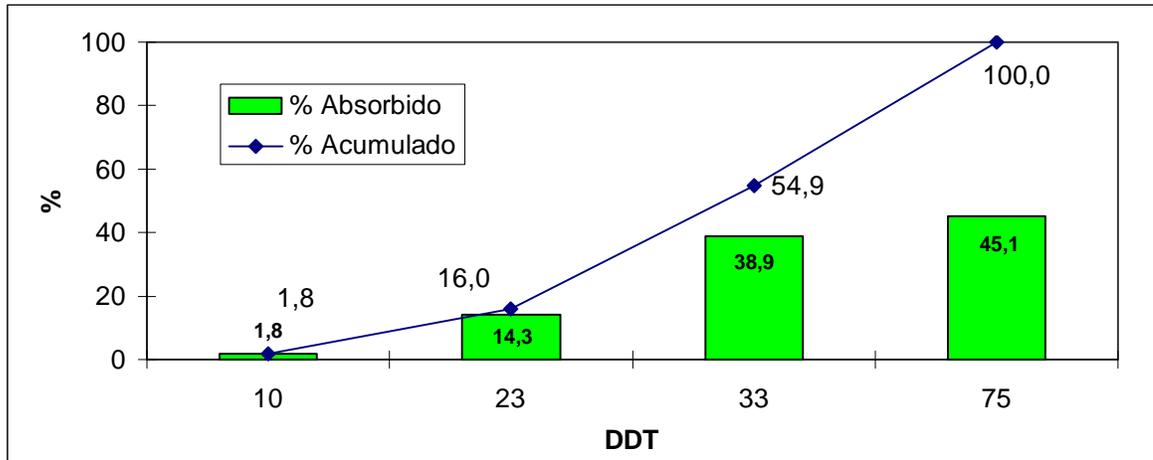


Figura 7. Curva de absorción de magnesio para el cultivo de pepino variedad Tropic Cuke II en Zamorano, 2005.

S

El pico de absorción de este elemento se dio en la etapa final, representando el 83.7% del total absorbido; igualmente, la máxima tasa de absorción se dio en esta etapa a diferencia de los demás nutrientes. Como se observa en la gráfica 9, durante la etapa 3 la absorción disminuye, lo que causa dilución del nutriente al haber una alta tasa de acumulación de materia seca durante esta etapa (Figura 8).

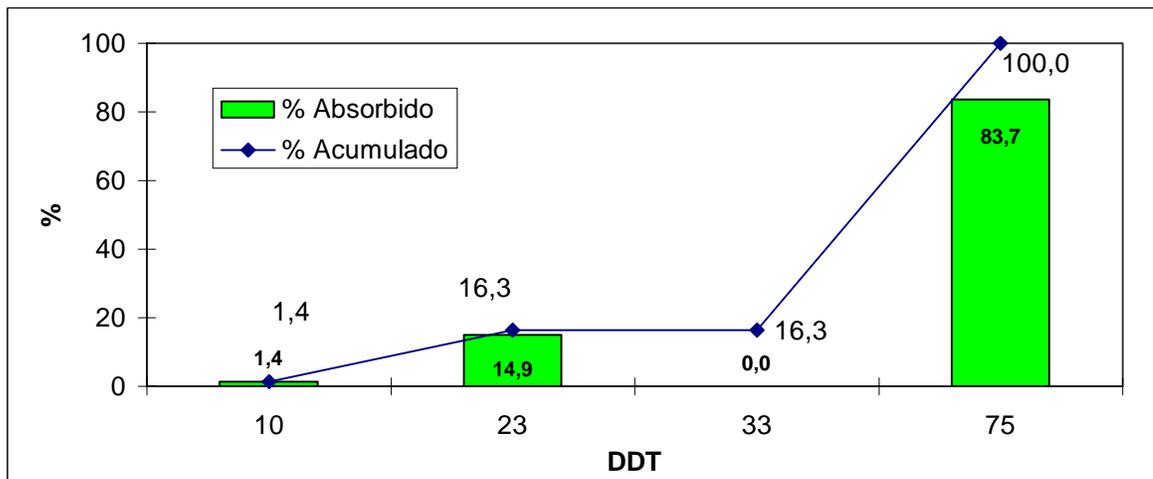


Figura 8. Curva de absorción de azufre para el cultivo de pepino variedad Tropic Cuke II en Zamorano, 2005.

Cu

La mayor absorción se dio en la etapa de fructificación y cosecha. La curva es muy similar a la del potasio (Figura 9).

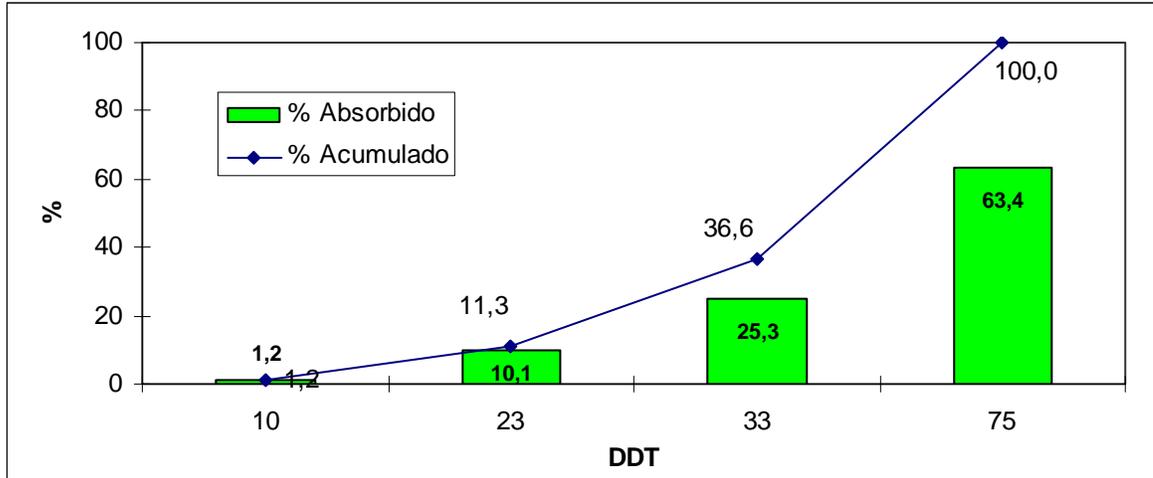


Figura 9. Curva de absorción de cobre para el cultivo de pepino variedad Tropic Cuke II en Zamorano, 2005.

Fe

La mayor absorción se dio durante las etapas de floración y fructificación y cosecha, representando el 37,4% y 39% del total absorbido respectivamente (Figura 10).

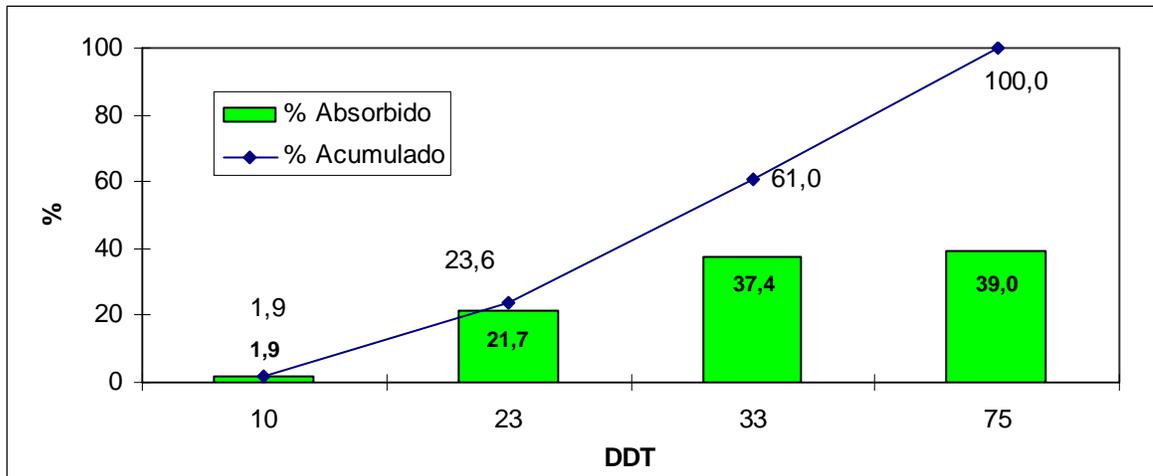


Figura 10. Curva de absorción de hierro para el cultivo de pepino variedad Tropic Cuke II en Zamorano, 2005.

Mn

El pico de absorción se observa en la etapa de floración, siendo el 69% del total absorbido; mientras que en la etapa de fructificación y cosecha se observa una drástica reducción en su absorción. Al igual que el calcio, la biodisponibilidad de este nutriente fue baja, mostrando poca acumulación en las hojas y el fruto (Figura 11).

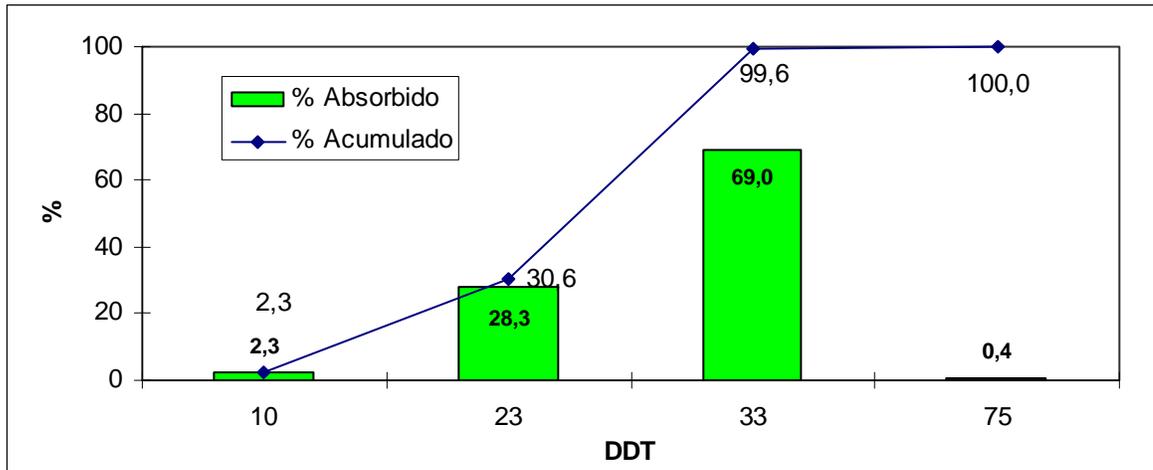


Figura 11. Curva de absorción de manganeso para el cultivo de pepino variedad Tropic Cuke II en Zamorano, 2005.

Zn

La máxima absorción se dio en la etapa de fructificación y cosecha con la mitad del requerimiento del cultivo. En la etapa de floración se absorbe el 33%, con su máximo a los 75 DDT con 50% del total absorbido (Figura 12).

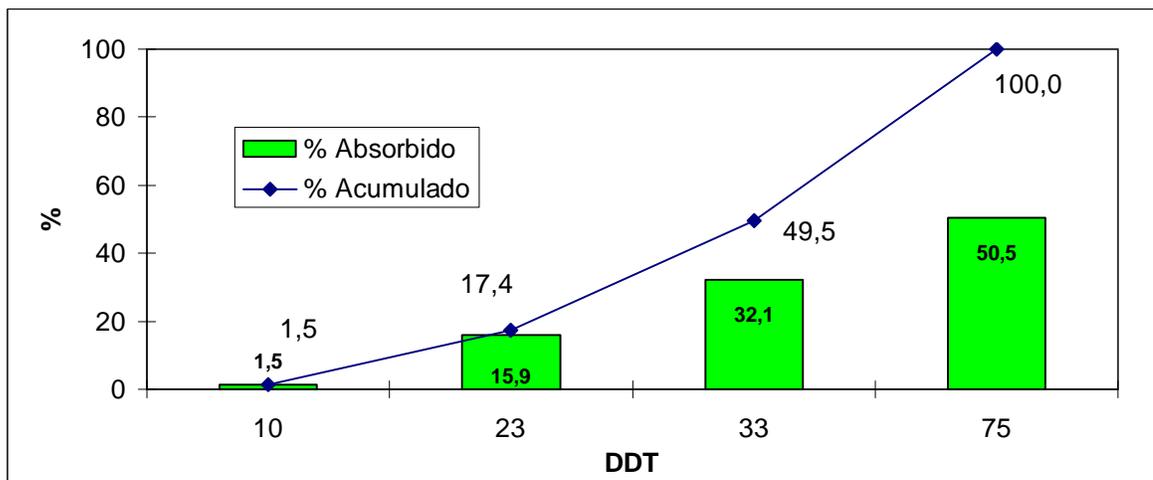


Figura 12. Curva de absorción de zinc para el cultivo de pepino variedad Tropic Cuke II en Zamorano, 2005.

B

El momento de mayor absorción fue en la etapa de fructificación y cosecha. La absorción en las etapas de crecimiento vegetativo y floración fueron similares, con 15% y 18% del total, respectivamente (Figura 13).

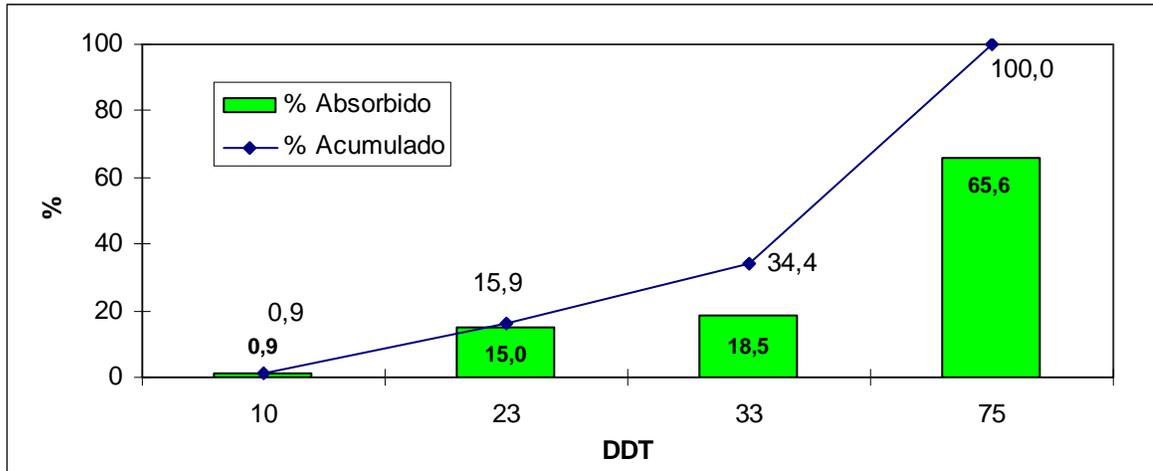


Figura 13. Curva de absorción de boro para el cultivo de pepino variedad Tropic Cuke II en Zamorano, 2005.

La mayoría de nutrientes tienden a ser absorbidos en mayor cantidad al final de la etapa del cultivo. La razón de esto es porque la etapa de fructificación y cosecha (42 días) es la más larga de todo el ciclo, lo cual permite mayor acumulación de materia y seca y por consiguiente, mayor absorción de nutrientes en ese período (Cuadro 11).

Cuadro 11. Etapas de mayor absorción de nutrientes en el cultivo de pepino en la E.A.P, Zamorano, 2005.

Etapa	DDT [‡]	Nutriente
Plántula	10	-----
Crecimiento vegetativo	23	-----
Floración	33	Mg, Fe, Mn
Fructificación y cosecha	75	N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, B

[‡]: Días después de transplante.

4. CONCLUSIONES

El cultivo presentó una absorción progresiva de N, P, K, Ca, Cu y Zn durante las 4 etapas fenológicas, con picos de absorción entre los 33 y 75 DDT (63 % de la absorción).

El Mg y Fe tuvieron un comportamiento muy similar, presentándose la mayor absorción entre los 23 y 75 DDT (37-45% de absorción). El azufre tiene su pico de absorción a los 75 DDT (83% de absorción), pero deja de absorber a los 33 DDT.

El Mn tiene una absorción ascendente hasta los 33 DDT, donde se da el pico de absorción (69% de absorción); pero se reduce a los 75 DDT (0.4% de absorción).

El B se absorbe de manera similar entre los 10 y 33 DDT (15-18% de absorción), pero alcanza su pico de absorción a los 75 DDT (65 % de absorción).

El cultivo a lo largo del ciclo extrajo los nutrientes (kg/ha): N = 126.7; P = 40.1; K = 278.9; Ca = 68.6; Mg = 17.7; S = 17.7; Cu = 0.08; Fe = 0.6; Mn = 0.13; Zn = 0.18; B = 0.15.

En general, la etapa de mayor demanda nutricional fue la de fructificación y cosecha (34-75 DDT) debido a que representa el 60% del total de materia seca acumulada. El nutriente que más se consume es el potasio, debido a su alta concentración tanto en el fruto como en el resto de la planta.

La mayor cantidad de materia seca se obtiene entre los 33 y 75 DDT (60% del acumulado), pero la mayor tasa de acumulación se da entre los 23 y 33 DDT (126 kg/ha/día). El fruto comprende el 67% del total de materia seca acumulada, mientras que las raíces apenas hace el 1% del total. El tallo-pecíolo conforma el 23% y las hojas el 9%. La acumulación de materia seca en las hojas es ascendente hasta los 33 DDT, a los 75 DDT disminuye debido a las hojas que caen a medida la planta envejece.

5. RECOMENDACIONES

Se recomienda aplicar las siguientes cantidades de fertilizante (Cuadro 12).

Cuadro 12. Fertilizantes a aplicar en el cultivo de pepino en la E.A.P, Zamorano, 2005.

Nutriente	kg/ha/etapa				Total
	1 [∞]	2	3	4	
N	7.5	42.4	74.3	187.8	312
P₂O₅	-	-	-	-	0
K₂O	2.4	19.3	47.3	118.2	187
CaO	1.9	12.9	29.3	55.9	100
MgO	1.1	8.6	23.3	27.1	60

[∞]: Etapas fenológicas: 1=plántula, 2=crecimiento vegetativo, 3=floración, 4 = fructificación y cosecha.

El momento óptimo para la aplicación de fertilizantes es al final de la etapa de crecimiento vegetativo (23 DDT) y con mayor énfasis entre la etapa de floración y fructificación y cosecha (33 y 75 DDT, respectivamente).

Se recomienda hacer el mismo tipo de investigación en invernadero, ya que se triplica el rendimiento bajo estas condiciones. Además, sería ideal hacer mayor número de muestreos a lo largo del cultivo y hacer análisis foliares más frecuentes para dar seguimiento al estado nutricional de la planta.

Evaluar el programa de fertilización según el fraccionamiento propuesto.

6. BIBLIOGRAFÍA

Bertsch, F. 2003. Absorción de nutrimentos por los cultivos. San José, Costa Rica, ACCS. p 14.

Domínguez, A. 1989. Tratado de Fertilización, Madrid, España, 601 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1977. Guía para la descripción de perfiles de suelo. 2 ed. 70 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2003. El cultivo protegido en clima mediterráneo. Consultado jun 10 del 2005. Disponible en: http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/005/S8630S/s8630s08.htm

Forestry, 2005. Forestry suppliers. Catalog. Mississippi. 239 p.

Gauggel, C. 2004. Manejo de suelos y nutrición vegetal. Notas de clase. Escuela Agrícola Panamericana “Zamorano”, Honduras.

INPOFOS. 2004. Absorción de nutrientes por los cultivos. Consultado 30 oct del 2004. En línea. Disponible en: [http://www.inpofos.org/ppiweb/ltamn.nsf/\\$webindex/DA83EE861CDB572F05256E38005059F3](http://www.inpofos.org/ppiweb/ltamn.nsf/$webindex/DA83EE861CDB572F05256E38005059F3)

Montes, F. 1999. Cultivos de hortalizas en el trópico. Escuela Agrícola Panamericana “Zamorano”, Tegucigalpa, Honduras. 207 p.

WASHABLE. 2000. Munsell soil color charts. Agricultura handbook. Editorial Gretag Macbeth. Estados Unidos. 35 p.