

**Curvas de absorción de nutrientes en tabaco
(*Nicotiana tabacum*), bajo condiciones de
campo en Jalapa, Nicaragua**

Jorge Arturo Chavarría Bertrand

ZAMORANO, HONDURAS

Diciembre, 2007

ZAMORANO

Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

**Curvas de absorción de nutrientes en tabaco (*Nicotiana tabacum*), Var.
Criollo bajo condiciones de manejo de campo en Jalapa, Nicaragua.**

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

Jorge Arturo Chavarría Bertrand

ZAMORANO, HONDURAS
Diciembre, 2007

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.

Jorge Arturo Chavarría Bertrand

ZAMORANO, HONDURAS
Diciembre, 2007

**Curvas de absorción de nutrientes en tabaco (*Nicotiana tabacum*), Var.
Criollo bajo condiciones de manejo de campo en Jalapa, Nicaragua.**

Presentado por:

Jorge Arturo Chavarría Bertrand

Aprobada:

Gloria Arévalo de Gauggel, M.Sc.
Asesora principal

Miguel Vélez, Ph.D.
Director, Carrera de Ciencia y
Producción Agropecuaria

Carlos Gauggel, Ph.D.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano académico

Sixto Pérez, Ph.D.
Asesor

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

Abelino Pitty, Ph.D.
Coordinador de Fitotecnia

DEDICATORIA

A mi madre, hermanos y sobrinos, son lo más importante de mi vida los amo.

AGRADECIMIENTO

A Dios padre por darme fuerzas estos cuatro años y un buen auto-control en momentos de enojo y permitirme alcanzar mi meta.

A mi madre y hermanos gracias a ellos he logrado superarme como profesional y como persona, los quiero mucho.

A la Ingeniera Gloria Arévalo de Gauggel, por sus conocimiento, paciencia, amistad y tiempo brindado.

Al Ingeniero Néstor Andrés Plasencia por darme la oportunidad de llevar a cabo este proyecto.

Al doctor Sixto Pérez por su conocimiento brindado.

Al ingeniero José Luís Pérez por su constante apoyo, conocimiento brindado en el periodo de toma de datos.

Al personal del laboratorio: Ingeniera Hilda Flores, Martha y Jacqueline, sin su ayuda este experimento no se hubiera llevado a cabo.

A todos mis colegas quienes me ayudaron en la ejecución de esta investigación.

A mis amigos con quienes conviví estos cuatro años.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

A mi madre por su ayuda y apoyarme en continuar con mis estudios.

A la fundación W. K. Kellogg por su ayuda.

A Zamorano por su ayuda.

RESUMEN

Chavarría, Jorge. 2007. Curvas de absorción de nutrientes en tabaco (*Nicotiana tabacum*), Var. Criollo bajo condiciones de manejo de campo en Jalapa, Nicaragua. Proyecto especial del programa de Ingeniería en Ciencia y Producción Agropecuaria, Zamorano, Honduras. 45 p.

Las curvas de absorción son una herramienta importante para verificar la tendencia que cada elemento tiene en cada una de las etapas fenológicas durante el ciclo productivo del cultivo y a la vez permite optimizar el plan de fertilización ajustando la aplicación de nutrientes según la cantidad absorbida exacta por la planta. 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 tabaco variedad Habano Criollo. El estudio se realizó en 4.21 ha en la finca Teotecacinte que pertenece de la empresa PLASENCIA TOBACCO, en Jalapa, Nicaragua; desde transplante hasta los 78 días después de transplante (DDT) cuando termino la cosecha. La absorción de macronutrientes en kg/ha/ciclo fue: N = 286; P = 24; K = 353; Ca = 87; Mg = 60; S = 26.7 de micronutrientes en g/ha/ciclo fue: Cu = 160; Fe = 3052; Mn = 1525; Zn = 600; B = 328. La materia seca total acumulada fue de 6,927 kg/ha. La máxima acumulación de materia seca para: raíz y tallo se obtuvo a los 78 DDT. La mayor acumulación de materia seca en la raíz fue de 39% al inicio y 34% al final de la cosecha. La mayor acumulación de materia seca en el tallo fue al final de la cosecha con 44% y durante floración con 33%. La etapa de mayor ganancia diaria, acumulación y porcentaje de materia seca en las hojas, se dio durante la etapa de floración, 47%. El N, P, Ca, Mg, S, Cu, Mn, Zn y B se absorbieron progresivamente, con la máxima absorción entre 41 y 78 DDT. El K fue el nutriente que más extrajo el cultivo. El K y Fe tuvieron sus picos de absorción a los 41 y 78 DDT. El mayor consumo diario de la mayoría de nutrientes fue entre 48 a 78 DDT. Se recomienda extender la aplicación de fertilizantes más allá de los 20 DDT y antes de 41 DDT en una forma fraccionada según el requerimiento de absorción en cada etapa (kg/ha/ciclo): N- 130- P 13- K 152- Ca 56- Mg 40 kg/ha, ajustar pH del suelo con CaCO_3 , según limitante de calidad de tabaco.

Palabras clave: Concentración de nutrientes, materia seca.

CONTENIDO

Portadilla.....	¡Error! Marcador no definido.
Autoría.....	ii
Página de firmas	iiii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos.....	v
Agradecimientos a patrocinadores	vi
Resumen	vii
Contenido	viii
Índice de cuadros.....	ix
Índice de figuras	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
CONCLUSIONES.....	31
RECOMENDACIONES.....	32
LITERATURA CITADA.....	33

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Programa de fertilización aplicado en el lote No. 7, Finca Teotecacinte, Jalapa, Nicaragua, 2007.....	3
2. Descripción de tres perfiles de suelo en el lote No. 7 Finca Teotecacinte, Jalapa, Nicaragua, 2007.....	12
3. Condición química del suelo antes y después del experimento (0 y 74 DDT), con muestras tomadas de tres calicatas en el lote No. 7 Finca Teotecacinte, Jalapa, Nicaragua, 2007.....	15
4. Análisis foliar después de floración (59 DDT) en el cultivo de tabaco finca Teotecacinte lote No. 7 Jalapa, Nicaragua, 2007.....	16
5. Biodisponibilidad de nutrientes en el lote No. 7 Finca Teotecacinte, Jalapa Nicaragua, 2007.....	16
6. Análisis de tejido por etapa en el cultivo de tabaco Finca Teotecacinte, lote No. 7 Jalapa, Nicaragua, 2007.....	17
7. Longitud promedio por órgano en cada etapa del cultivo de tabaco lote No. 7 Finca Teotecacinte Jalapa, Nicaragua, 2007.....	17
8. Longitud y ancho de las hojas en cada etapa del cultivo de tabaco lote No. 7 Finca Teotecacinte, Jalapa, Nicaragua, 2007.....	18
9. Crecimiento promedio diario (longitud y ancho) de las hojas en cada etapa del cultivo de tabaco lote No. 7 Finca Teotecacinte, Jalapa, Nicaragua, 2007.....	19
10. Consumo de nutrientes en el cultivo de tabaco lote No. 7 Finca Teotecacinte, Jalapa, Nicaragua, 2007.....	21
11. Efectividad en la absorción de nutrientes en el lote No. 7 Finca Teotecacinte, Jalapa, Nicaragua, 2007.....	21
12. Porcentaje, ganancia diaria y cantidad de: Nitrógeno, fósforo y potasio absorbido en cada etapa para el cultivo de tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i>), Var. Criollo, Finca Teotecacinte lote No. 7 Jalapa, Nicaragua, 2007.....	24
13. Parámetros estadísticos de la correlación simple (MINITAB®) en la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio para el cultivo de tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i>), Var. Criollo, Finca Teotecacinte lote No. 7 Jalapa, Nicaragua 2007.....	24

14. Porcentaje, ganancia diaria y cantidad de: Calcio magnesio y azufre
absorbido en cada etapa para el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*),
Var. Criollo, Finca Teotecacinte lote No. 7 Jalapa, Nicaragua, 2007..... 26
15. Parámetros estadísticos de la correlación simple (MINITAB®) en la absorción
de calcio, magnesio y azufre para el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*),
Var. Criollo, Finca Teotecacinte lote No. 7 Jalapa, Nicaragua, 2007.....26
16. Porcentaje, ganancia diaria y cantidad de: Cobre, hierro y manganeso
absorbido en cada etapa para el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*),
Var. Criollo, Finca Teotecacinte lote No. 7 Jalapa, Nicaragua, 2007.....28
17. Parámetros estadísticos de la correlación simple (MINITAB®) en la absorción
de cobre, hierro y manganeso para el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*),
Var. Criollo, Finca Teotecacinte lote No. 7 Jalapa, Nicaragua, 2007.....28
18. Porcentaje, ganancia diaria y cantidad de: zinc y boro absorbido en cada
etapa para el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*), Var. Criollo,
Finca Teotecacinte lote No. 7 Jalapa, Nicaragua, 2007.....30
19. Parámetros estadísticos de la correlación simple (MINITAB®) en la absorción
de zinc y boro para el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*), Var. Criollo,
Finca Teotecacinte, lote No. 7 Jalapa, Nicaragua, 2007.....30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Distribución del riego y ubicación de calicatas, recipientes enterrados, válvulas postes en todo el lote No. 7 finca Teotecacinte, Jalapa, Nicaragua, 2007.....	5
2. Etapas fenológicas, practicas, No. de muestreos y No. de hoja por corte del cultivo de tabacco (<i>Nicotiana tabacum</i>) Var. Criollo, Jalapa, Nicaragua, 2007.....	6
3. Identificación de los suelos por barrenación del lote No. 7 Finca Teotecacinte Jalapa, Nicaragua, 2007.....	9
4. Tipos de suelo del lote No. 7 Finca Teotecacinte Jalapa, Nicaragua, 2007.....	10
5. Grupos texturales de las calicatas descritas en el lote No. 7 Finca Teotecacinte en Jalapa, Nicaragua, 2007.....	11
6. Curva de acumulación de materia seca por órgano y etapa en el cultivo de tabaco en el lote No. 7 Finca Teotecacinte Jalapa, Nicaragua, 2007.....	20
7. Curva de absorción de nitrógeno, fósforo y potasio para el cultivo de tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i>), Var. Criollo, Jalapa, Nicaragua, 2007.....	23
8. Curva de absorción de calcio, magnesio y azufre para el cultivo de tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i>), Var. Criollo, Jalapa, Nicaragua, 2007.....	25
9. Curva de absorción de cobre, hierro y manganeso para el cultivo de tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i>), Var. Criollo, Jalapa, Nicaragua, 2007.....	27
10. Curva de absorción de zinc y boro para el cultivo de tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i>), Var. Criollo, Jalapa, Nicaragua, 2007.....	29

INTRODUCCIÓN

La nutrición vegetal tiene un papel muy importante para el desarrollo, salud y protección del cultivo. Para el buen funcionamiento y asimilación de los nutrimentos, es necesario conocer los requerimientos del cultivo y los minerales disponibles que se encuentran en el suelo.

El aire, con su aporte de oxígeno y gas carbónico y las sales minerales en solución en el agua del suelo, constituyen el alimento para la planta. No obstante, no siempre se encuentran las cantidades adecuadas para satisfacer los requerimientos del cultivo; por ello, se realizan análisis para determinar la cantidad de suplemento mineral a aplicar y se elaboran curvas de absorción de nutrientes como apoyo al programa de fertilización. (Domínguez, 1989).

Es necesario conocer la composición química de los suelos y los nutrimentos (macro y micro elementos), que se encuentran disponibles o no, determinar el grado de acidez presente y así definir la fertilidad del suelo. La estructura, textura, porosidad, cantidad de materia orgánica presente, grado de compactación, consistencia y otros, constituyen la composición física del suelo y determinan la fertilidad del suelo en cuanto a su composición física (Domínguez, 1989). Para conocer el fraccionamiento y la proporción de los nutrientes absorbidos a lo largo del ciclo de vida del cultivo, se hace uso de los análisis de tejido vegetal.

Según el Instituto de tabaco de la República Dominicana (2006), existen más de 64 especies del cultivo, de las cuales las más cultivadas son: *Nicotiana tabacum*, llamada tabaco común o mayor y *Nicotiana rústica* llamada también tabaco menor. La temperatura ideal para el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*), es tropical calido y húmedo entre los 27 y 28 grados centígrados, donde el exceso de humedad o la falta de ella podrían dañar el cultivo. El suelo que exige el cultivo de tabaco es friable, profundo y bien drenado. El pH debe estar entre neutro y ligeramente alcalino para la variedad Habano Criollo (Alfaro, 1983).

Algunos minerales, además de ayudar con el desarrollo óptimo del cultivo, determinan la calidad del mismo, como por ejemplo: El exceso de nitrógeno aumenta la cantidad de nicotina presente en el tejido y la falta de nitrógeno la reduce. Otro ejemplo, es la cantidad de Cl, K y Mg presentes. Estos elementos, determinan la textura y la combustibilidad del tejido. Un alto contenido de potasio, da como resultado una mejor calidad en la combustión en presencia de nitratos (Domínguez, 1989).

El objetivo principal del estudio consistió en determinar las curvas de absorción de nutrientes del Tabaco (*Nicotiana tabacum*) variedad Habano Criollo, en sus distintas etapas fenológicas bajo condiciones de campo. Como objetivos específicos se consideró: conocer la cantidad de macro y micro elementos absorbidos por la planta en las cinco etapas fenológicas del cultivo; elaborar una curva de acumulación de materia seca en los diversos órganos (raíz, tallo, hojas) de la planta en cada etapa fenológica del cultivo; proponer un plan de fertilización y aplicación fraccionada, de acuerdo a las curvas de absorción de nutrientes obtenidas del cultivo bajo las condiciones de manejo de campo que practica la empresa Plasencia Tobacco.

MATERIALES Y MÉTODOS

UBICACIÓN

El estudio se realizó en una extensión de 4.21 ha en la Finca Teotecacinte de la empresa Plasencia Tobacco, Jalapa, Nicaragua. Está ubicada a una altitud de 610 msnm con una precipitación anual de 1,700 mm y un rango de temperatura de 25 a 30°C (INFOAGRO 2006).

CULTIVO

El cultivo se estableció en hileras a una distancia de 35 cm entre plantas y 1 m entre hileras con una densidad de 35,580 plantas/ha. El cultivo fue protegido en su totalidad con tela sarán y como sostén de la tela postes de cuatro metros de altura, ubicados cada 10 m en cuadrícula en toda el área donde se realizó el estudio (4.21 ha). La fertilización (cuadro 1) fue manual y se realizó a los cero, ocho y entre 22 a 25 días después de transplante (DDT).

Cuadro 1. Programa de fertilización aplicado en el lote No. 7 Finca Teotecacinte, Jalapa, Nicaragua, 2007.

DDT ^ε	Formulación de fertilizante	Cantidad aplicada (kg/ha)					Total de fertilizante
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	BO ₃	
0	12 - 12 - 18 - 4 - 0.3 B ^h	16.2	16.2	24.3	5.4	0.4	135
	15 - 0 - 14	13.5	0.0	12.6	0.0	0.0	90
8	12 - 12 - 18 - 4 - 0.3 B	23.4	2.4	35.1	7.8	0.5	195
	15 - 0 - 14	19.5	0.0	18.2	0.0	0.0	124
22 - 25	13.5 - 0 - 42	52.6	0.0	163.8	0.0	0.0	390
Total elemento		125.3	39.6	253.2	13.2	1.0	

^ε: Días después de transplante; ^h: Boro.

La fertilización foliar se realizó a los 5, 24, 26, 29 y 47 DDT. Se aplicaron productos quilatados de Metalosato = Ca = 0.98%; Mg = 0.98%; Fe = 0.5%; Mn = 0.5%; Cu = 0.5%; Zn = 0.5%; Mo = 0.07%. Nutriente verde = N = 0.6%; P₂O₅ = 2.5%; K₂O = 0.06%; Mg = 0.1%; Fe = 0.1%; Mn = 0.05%; Cu = 0.01%; Zn = 0.01%; B = 0.015%; S = 0.05%. Se siguieron las prácticas agronómicas que aplica la empresa, las etapas fenológicas del cultivo se definieron con la ayuda de la empresa.

SUELO

Se hizo una caracterización detallada de las propiedades físicas y químicas de toda el área sembrada (4.21 ha), incluyendo seis análisis químicos; tres al inicio y tres al final del estudio (al transplante y 74 DDT).

Se identificaron los diferentes tipos de suelo en el área de producción, para ello se siguió el procedimiento siguiente:

- Delimitación del área de producción mediante el uso del sistema de posicionamiento global (GPS).
- Barrenaciones cada 50 m de distancia en forma sistemática y la máxima profundidad posible, para identificar la variabilidad del suelo. Cada barrenación se ubicó con su respectiva profundidad y textura del suelo a diferentes profundidades.
- Delimitación de áreas homogéneas según la variación de suelo encontrado a diferentes profundidades de las barrenaciones.
- De acuerdo con la variabilidad del suelo encontrado por las barrenaciones, se definió la ubicación de los suelos que se identificaron mediante tres calicatas.
- En las calicatas de (1 × 1 × 1m) se determinó en cada horizonte el color según las tablas munsell (Washable 2000), textura (método del tacto), estructura, porosidad, consistencia en seco y en húmedo, límite, resistencia a la penetración (kg/m²) utilizando el penetrómetro de bolsillo (Forestry 2005) y el límite entre horizontes, de acuerdo con los parámetros establecidos por la FAO (1977).
- Se tomaron tres muestras de los primeros 20 cm de profundidad de suelo de cada calicata para análisis químico a los 0 y 74 días después de transplante (DDT).

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.

RIEGO

Se utilizó riego por goteo con cintas con un gotero cada 35.56 cm; con un total de 27,900 goteros/ha. Para medir la uniformidad del riego, se midió el volumen de agua de 18 goteros; tres goteros en cada parcela experimental. Esta medida se hizo a los 20 y 78 DDT.

El volumen de riego se recogió mediante recipientes enterrados en el suelo en cada unidad experimental (Figura 1), el cual recogió el agua de uno de los goteros por determinado

tiempo para luego medir el volumen con una probeta y obtener el caudal aplicado al cultivo.

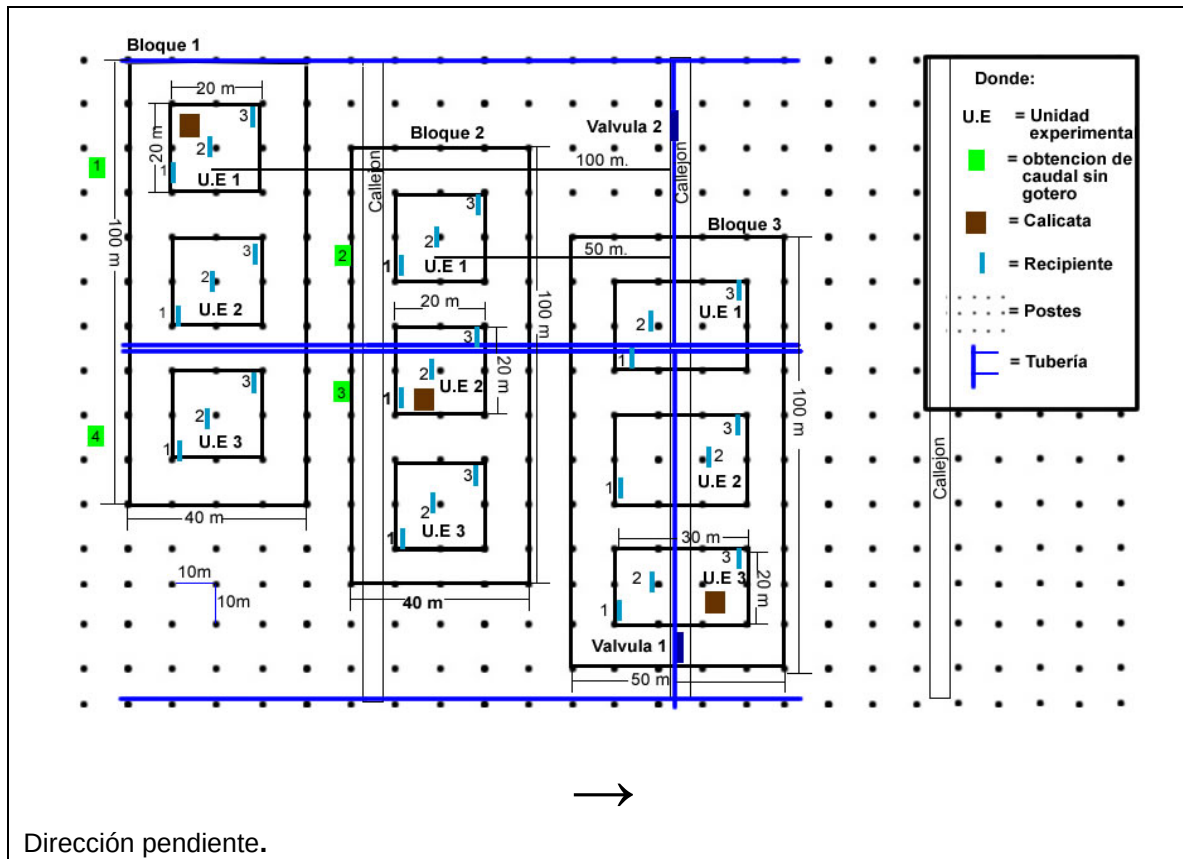


Figura 1. Distribución del riego y ubicación de calicatas, recipientes enterrados, válvulas y postes en todo el lote No. 7 Finca Teotecacinte, Jalapa, Nicaragua, 2007.

La lámina de agua aplicada a lo largo del ciclo de vida del cultivo (90 días) fue de 468 mm/ciclo/ha en 68 días de riego, equivalente a 6.88 mm/día promedio.

PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE LAS CURVAS DE ABSORCIÓN.

1. Se seleccionaron tres sitios (bloques) dispuestos en forma perpendicular a la pendiente con un área de 4,000 m² (40 × 100 m).
2. Se establecieron tres parcelas (unidades experimentales) dentro de cada bloque, con un área de 400 m² (20 × 20 m) y una población de 1,423 plantas.
3. Con base en el ciclo de vida del cultivo (90 días), se definieron las etapas fenológicas que determinaron las épocas de muestreo (Figura 2). Se tomó como muestra la totalidad de la planta en cada etapa fenológica (transplante, vegetativa, floración, cosecha y madurez fisiológica), con longitud promedio de 11 cm en la etapa de transplante, 15.7 etapa vegetativa, 138.6 etapa de floración, 141.5 en etapa de cosecha, 147.3 en etapa de fin de cosecha. El número de hoja determino el número de cortes a realizar.

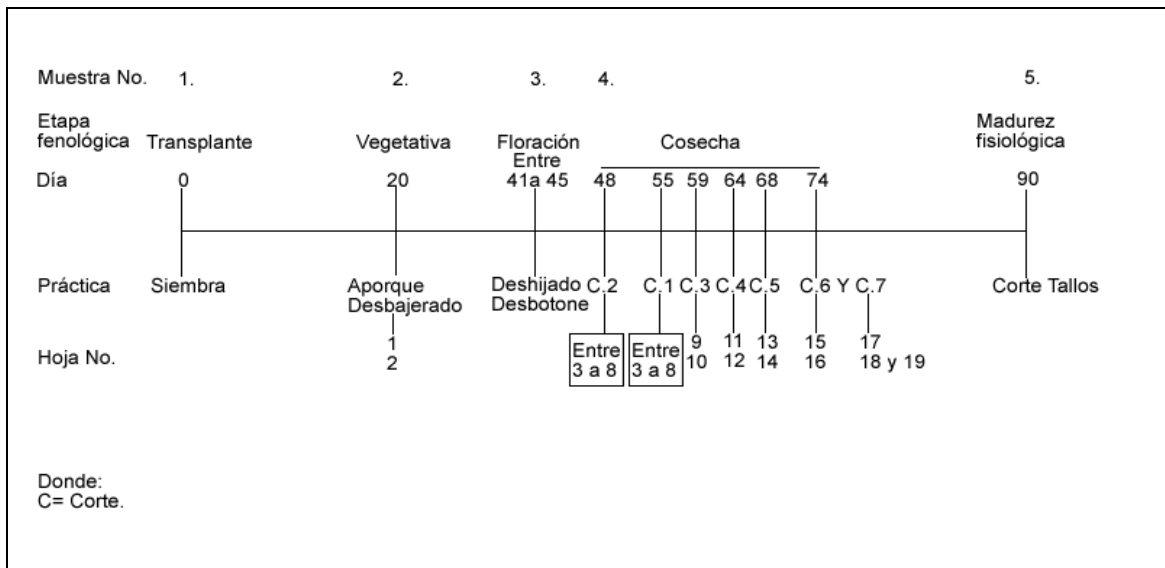


Figura 2. Etapas fenológicas, practicas, No. de muestreos y No. de hoja por corte del cultivo de tabacco (*Nicotiana tabacum*) Var. Criollo, Jalapa, Nicaragua, 2007.

- La muestra de la etapa de plántula (Etapa 1), se recolectó al día cero de establecimiento del cultivo. Para ello se tomaron del vivero 20 plántulas uniformes en altura y longitud de las hojas. La muestra se separó por órgano (raíz, tallo, hojas), se midió: Ancho, largo y peso. Se pesó cada uno de ellos para obtener el peso húmedo. La muestra se secó a 80°C en estufa hasta llegar a peso constante, obteniendo el peso seco por órgano. Se integraron los tejidos y en conjunto se analizó el tejido para determinar la cantidad de macro elementos (N, P, K, Ca, Mg, S) y micro elementos (Cu, Fe, Mn, Zn, B, Cl) extraídos y depositados dentro del tejido.
- A los 20 DDT (Etapa 2, etapa vegetativa), se tomaron cinco plantas como muestra. A partir de 41 DDT (Etapa 3, etapa de floración); dos plantas constituyeron cada muestra por parcela experimental. La muestra se separó por órgano (raíz, tallo, hojas, hijos y botones) para medir: Longitud, ancho y peso. Para analizarlas, se realizó el mismo procedimiento antes descrito para la etapa uno.
- De 48 a 78 DDT (Etapa 4, temporada de cosecha), se realizaron siete cortes y se midió: Longitud, ancho y peso de las hojas de cada corte. Las hojas obtenidas periódicamente se secaron y se almacenaron como sub-muestras.
- A los 78 DDT fin de cosecha, se separó y midió: Longitud, ancho, peso, densidad de raíces y longitud de tallos. Luego se integraron los tejidos (incluyendo cortes anteriores correspondientes a esta etapa) y se analizaron en conjunto.
- El crecimiento de la planta a lo largo de su ciclo de vida fue determinado con base en la ganancia de biomasa expresada como peso seco.

9. La cantidad de nutriente extraído por etapa se obtuvo al multiplicar la materia seca (MS) por el porcentaje de nutrientes extraído en cada etapa; la suma de todas las etapas da el total de nutriente extraído por el cultivo.

VARIABLES DETERMINADAS

Agronómicas

- Se midió peso seco y húmedo de cada órgano, acumulado y total en las cinco etapas del cultivo (transplante, vegetativa, floración, cosecha y final).
- Altura de la planta.
- Días a cosecha.
- Largo y ancho de las hojas
- Número de hojas.
- Los resultados del rendimiento se obtuvieron multiplicando el número de hojas por su peso promedio.

Análisis foliar

El corte número tres (hojas 9 y 10); (59 DDT) de cada unidad experimental se analizó por separado (análisis foliar), para determinar la cantidad de nutrientes (macro y micro elementos) extraídos y depositados dentro del tejido y conocer así el estado nutricional de todo el cultivo y la cantidad de cloro en el tejido.

BIODISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES

Se hizo una matriz de biodisponibilidad y para ello se compararon los resultados interpretados de los análisis de suelo obtenidos a los 0 y 74 DDT y los resultados del análisis foliar a los 59 DDT.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para interpretar el estado nutricional del cultivo y al mismo tiempo predecir lo que ocurrirá de hacer el mismo manejo con el, se realizó un análisis de regresión simple con el programa MINITAB®. Como técnica estadística para simular la relación que existe entre absorción de nutrientes mayores y menores con relación al tiempo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

SUELO

Condición física de los suelos

Los resultados de las barrenaciones (Figura 3) permitieron hacer el mapa de distribución de suelos (Figura 4), agrupando las texturas en: **Gruesas (G)** (Arenosas, Arenosas francas), **Medias (M)** (Franco, Franco Arenosa, Franco limosa), **Finas (F)** (Franco Arcillosas, Franco arcillo limosas, Franco arcillo arenosas con menos de 35% de Arcilla), y **Muy finas (F⁺)** (Franco arcillosas, Arcillo arenosas, Arcillo limosas y Arcillosas) con más de 35% de arcilla.

La identificación de la estratificación de texturas se simbolizó de acuerdo la metodología que explican Arévalo y Gauggel (2006), mediante la agrupación de texturas a diferentes profundidades: (0-30 cm)/ (30-60 cm)/ (60-90 cm)/ (90-120 cm).

En la descripción morfológica y física de las calicatas (Cuadro 4), se encontraron diferentes grupos texturales (Figura 5). En la zona alta del lote (calicata No. 1) en los primeros 30 cm de profundidad es un suelo con textura franco arenosa seguido de textura arenosa hasta los 100 cm (textura media sobre gruesa). En el centro del lote (calicata 2) se encontró un suelo con textura franco arenosa en los primeros 30 cm de profundidad seguido de arcillo arenosa hasta los 100 cm (textura media sobre fina). En la zona más baja (calicata 3) se encontró en los primeros 30 cm de profundidad una textura franco arcillo arenosa sobre arcillosa hasta los 60 cm seguido de textura arenosa hasta los 100 cm de profundidad (textura media sobre muy fina sobre gruesa).

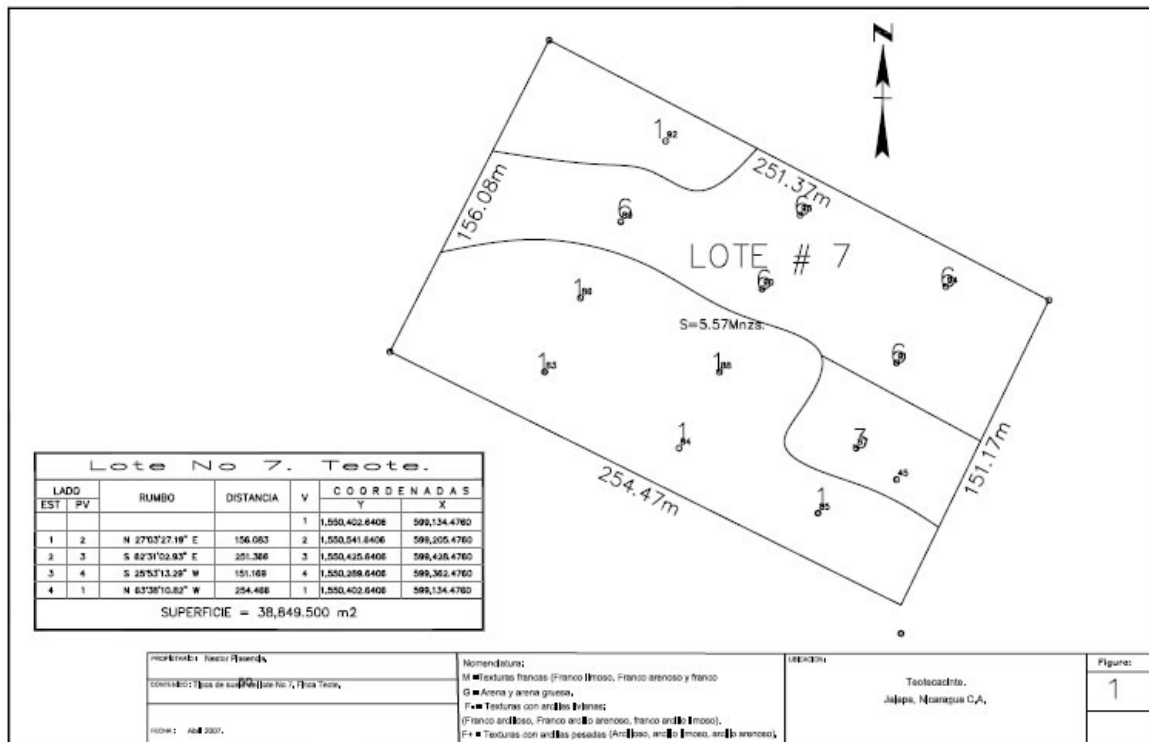


Figura 3. Identificación de los suelos por barrenación del lote No. 7 Finca Teotecacinte Jalapa, Nicaragua, 2007.

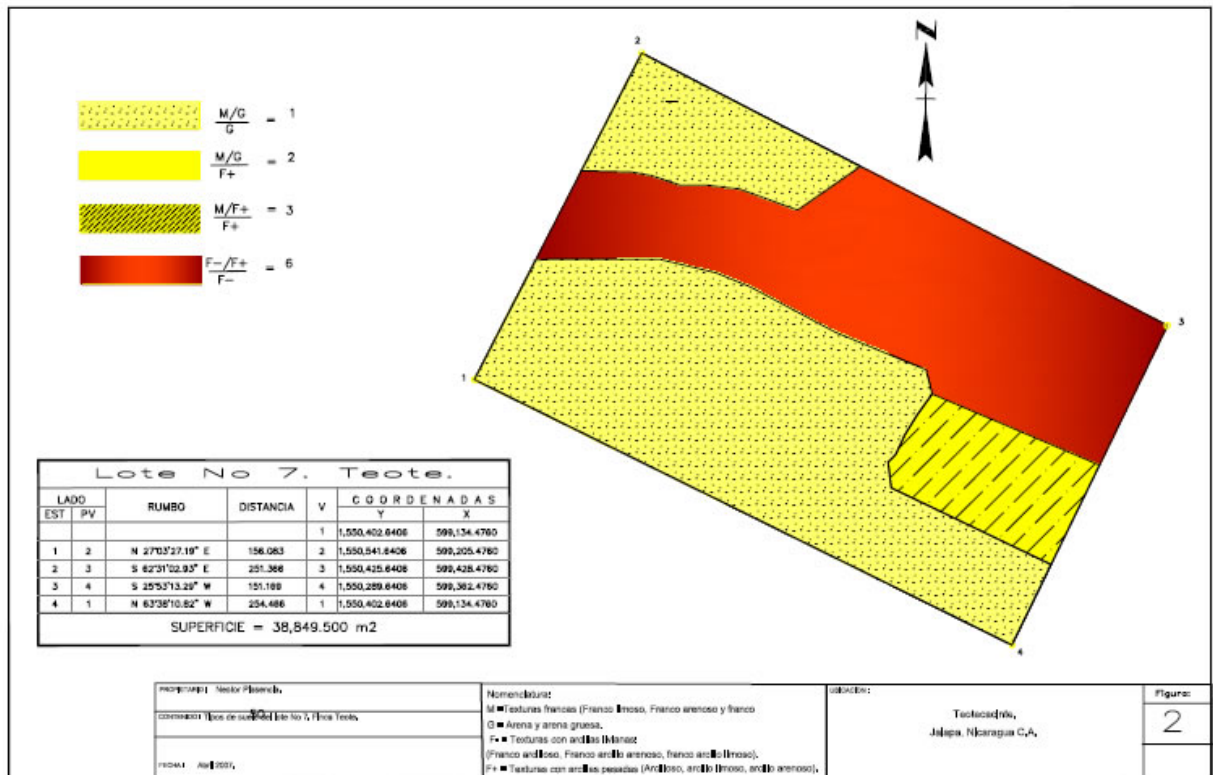


Figura 4. Tipos de suelo del lote No. 7 Finca Teotecacinte Jalapa, Nicaragua, 2007

Profundidad	No. Calicata		
(cm)	1	2	3
0			
10	M	M	F ⁻
20			
30			
40			
50	G	F ⁺	F ⁺
60			
70			G
80			
90			
100			

Clases texturales: M = Texturas francas (franco limoso, franco arenoso y franco); G = Arena y arena gruesa; F⁻ = Texturas con arcillas livianas (franco arcilloso, franco arcillo arenoso, franco arcillo limoso); F⁺ = Texturas con arcillas pesadas (arcilloso, arcillo limoso, arcillo arenoso).

Figura 5. Grupos texturales de las calicatas descritas en el lote No. 7, Finca Teotecacinte en Jalapa, Nicaragua, 2007.

Cuadro 2. Descripción de tres perfiles de suelo en el lote No. 7 Finca Teotecacinte, Jalapa, Nicaragua, 2007.**Calicata No. 1**

Hor	Prof (cm)	Color	Text	Estructura			C.H	R. P kg/cm ²	Poros			Raíces		Límite	
				Tipo	Grado	Clase			Tam	For	Can	Tam	Can	Top	Nit
Ap	0-4	10YR 3/4 Pardo oscuro	FA	g	d	m	s	0.5	t	t	m	mf y f	m	p	d
Ap ₂	4-17	10YR 3/4 Pardo oscuro	FA	g	d	m	f	1.0	t	t	m	mf y f	m	p	d
A/C	17-21	2.5Y 5/6 Pardo oscuro	FA	g	d	m	f	1.0	t	v y t	m	f	p	o	a
C	21-76	10YR 5/8 Pardo grisáceo rojizo	A	ba y bsa	m	m	s	1.5	t	v y t	m		a	o	a
C2	76-84X	2.5Y 5/6 Pardo grisáceo	A	ba y bsa	d	m	s	1.5	t	v y t	m		a	o	a

Calicata No. 2

Hor	Prof (cm)	Color	Text	Estructura			C.H	R. P kg/cm ²	Poros			Raíces		Límite	
				Tipo	Grado	Clase			Tam	For	Can	Tam	Can	Top	Nit
Ap ₁	0-0.5	10YR 3/3 Pardo claro	FA	g	d	m	s	0.2	t	t	m	mf y f	m	o	d
Ap ₂	0.5-10	10YR 3/3 Pardo claro	FA	g	d	m	f	1.5	t	t	m	mf y f	m	o	d
Ap ₃	10-22	10YR 3/4 Pardo oscuro	FA	ba y bsa	m	m	f	2.5	t	v y t	m	mf y f	p	o	d
C/2Ab	22-68	10YR 7/2 Pardo grisáceo	ArA	ba y bsa	f	mg	f	2.5	f	v y t	p		a	o	d
2Bw	68-96X	10YR 7/4 YR Pardo grisáceo	Ar	ba y bsa	f	mg	fi	1.5	f	t	p		a	o	a

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: g: granular; ba: bloques angulares; bsa: bloques subangulares. **Grado:** d: débil; m: moderado. **Clase:** f: finos; m: medianos; mg: muy gruesos. **Consistencia:** En húmedo: s: suelto; f: friable; fi: firme. **Poros:** **Tamaño:** t: todos los tamaños; m: medianos; f: finos. **Forma:** v: vesiculares; t: tubulares. **Cantidad:** p: pocos. **Raíces:** **Tamaño:** mf: muy finas; f: finas. **Cantidad:** a: ausentes; p: pocos. **Límite:** **Topografía:** p: plano; o: ondulado. **Nitidez:** a: abrupto; d: difuso.

Cuadro 2. Continuación.**Calicata No. 3**

Hor	Prof (cm)	Color	Text	Estructura			C.H	R. P kg/cm ²	Poros			Raíces		Límite	
				Tipo	Grado	Clase			Tam	For	Can	Tam	Can	Top	Nit
Ap	0-2	10YR 4/3 Pardo claro	FArA	g	d	m	f	0.5	t	v y t	m	mf y f	m	p	a
Ap ₂	2-20	10YR 4/3 Pardo claro	FArA	ba y bsa	d	m	f	1.5	t	v y t	m	mf y f	m	p	a
2Cb	20-68	2.5Y 5/4 Verde grisáceo	Ar	ba y bsa	m	m	f	2.0	t	v y t	m	mf	p	p	d
3Cb ₂	68-90	10YR 5/2 Pardo grisáceo	A	ba y bsa	m	m	f	1.5	m y f	t	m		a	p	d
4Cb ₃	90-97	10YR 6/4 Pardo grisáceo	Ar	ba y bsa	m	mg	fi	3.0	mf	v y t	p		a	p	d

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:** g: granular; ba: bloques angulares; bsa: bloques subangulares. **Grado:** d: débil; m: moderado. **Clase:** f: finos; m: medianos; mg: muy gruesos. **Consistencia: En húmedo:** s: suelto; f: friable; fi: firme. **Poros: Tamaño:** t: todos los tamaños; m: medianos; f: finos. **Forma:** v: vesiculares; t: tubulares. **Cantidad:** p: pocos. **Raíces: Tamaño:** mf: muy finas; f: finas. **Cantidad:** a: ausentes; p: pocos. **Límite: Topografía:** p: plano; o: ondulado. **Nitidez:** a: abrupto; d: difuso.

Condición química de los suelos.

El resultado del análisis químico del suelo de las tres calicatas antes y después del estudio, demuestra niveles óptimos de materia orgánica (M.O) en ambos muestreos. El pH se encontró por debajo de los niveles óptimos, lo que conlleva a problemas de disponibilidad de los nutrimentos en especial macro elementos.

Hubo reducción de Mg y K en dos de las calicatas muestreadas (1 y 2); mientras que se acumularon en la tercera calicata muestreada a los 74 DDT. El P, Fe y Zn se encontraron sobre los niveles óptimos en todos los muestreos, no así en el N, Ca y S que se encontraron bajos en todos los muestreos. El Cu se encontró alto en todos los muestreos a excepción del último muestreo de la tercer calicata donde se encontró alto; el Mn esta en niveles de óptimos a altos y no varia en el tiempo; el B se encontró bajo excepto en la ultima calicata.

Cuadro 3. Condición química del suelo antes y después del experimento (0 y 74 DDT), con muestras tomadas de tres calicatas en el lote No. 7 Finca Teotecacinte, Jalapa, Nicaragua, 2007.

Muestra	DDT ^ε	Profundidad	%			mg/kg											Cmol/kg ⁻¹
			pH	M.O.	N total	P	K	Ca	Mg	Na	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	CICe
Calicata 1	0	00-20	5.2	3.4	0.17	284	284	720	190	188	15	3.2	358	112	6.6	1.5	8.7
Interpretación				O^l	B^o	A[¥]	A	B^o	O	O	B	A	A	O	A	O	O
Calicata 1	74	00-20	5.0	3.6	0.18	290	160	470	90	223	19	3.2	279	78	3.4	0.3	6.5
Interpretación				O	B	A	O	B	B	O	B	A	A	O	A	B	B
Calicata 2	0	00-20	6.0	3.9	0.20	115	234	880	250	198	12	3.5	439	163	4.3	0.5	8.9
Interpretación				O	O	A	O	B	O	O	B	A	A	A	A	B	O
Calicata 2	74	00-20	5.5	3.5	0.17	128	246	930	230	223	14	4.5	354	162	5.2	0.5	9.7
Interpretación				O	B	A	O	B	B	O	B	A	A	A	A	B	A
Calicata 3	0	00-20	5.5	3.4	0.17	88	312	850	250	188	16	3.2	299	202	4.8	1.3	9.4
Interpretación				O	B	A	A	B	O	O	B	A	A	A	A	O	A
Calicata 3	74	00-20	6.0	4.5	0.23	189	246	940	260	253	14	3.0	276	142	4.2	1.2	9.6
Interpretación				A	B	A	O	B	A	O	B	O	A	A	A	O	A
Rango medio				2	0.2	13	150	1000	180		20	2	56	28	2	1	8.6
				4	0.5	30	280	2500	250		80	3	112	112	3	8	9

^ε: Días después de transplante; ^o: Bajo; ^l Óptimo; [¥]: Alto

RIEGO

El caudal obtenido por los recipientes a los 20 DDT y 74 DDT no varió a pesar de las diferentes distancias a la tubería principal con un rango de caudal por gotero entre 13.3 y 13.7 ml/min en todo el lote. Por esta razón, se descartó el riego como fuente de variación en el desarrollo del cultivo.

ANÁLISIS FOLIAR

Las concentraciones de S, Fe y Mn se encontraron dentro de los niveles óptimos; las de K, Zn y B se encontraron altos; las de P y Mg se encontraron altos en los bloques uno y tres y óptimos en el bloque dos. La de Cu se encontró bajo en los bloques uno y tres y óptimo en el bloque dos; las de N, Ca y Cl se encontraron bajas, indicando que existen limitantes físicas o químicas que afectan su disponibilidad (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis foliar después de floración (59 DDT) en el cultivo de tabaco finca Teotecacinte lote No. 7 Jalapa, Nicaragua, 2007.

Bloque	%							mg/kg				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Cu	Fe	Mn	Zn	B
1	3.8	0.3	4.5	1.2	1.0	0.3	0.22	15	175	269	96	52
Interpretación	B ^l	A ^h	A ^h	B	A	O	B	B	O	O	A	A
2	3.3	0.2	4.6	1.0	0.8	0.3	0.21	17	175	238	92	58
Interpretación	B	O	A	B	O	O	B	O	O	O	A	A
3	3.8	0.3	4.7	1.1	0.9	0.3	0.25	15	171	184	75	59
Interpretación	B	A	A	B	A	O	B	B	O	O	A	A
rango	5.2	0.1	2.2	1.7	0.6	0.2	1.05	17	122	34	34	18
medio	6.4	0.2	4.1	2.0	0.8	1.0	1.2	34	530	351	60	24

^l: Bajo; ^l: Óptimo; ^h: Alto

BIODISPONIBILIDAD

Al estudiar las relaciones entre los elementos en el suelo y en las hojas se encontró bajo el Ca; el P, K, Mg, Zn se encontraron altos en ambos análisis (suelo y foliar); El Fe, Cu y Mn se encontraron altos en el suelo y óptimo en el análisis foliar (cuadro 5).

Cuadro 5. Biodisponibilidad de nutrientes en el lote No. 7 Finca Teotecacinte, Jalapa Nicaragua, 2007.

Análisis de suelo	Análisis Foliar	Elemento	Plan de fertilización
Bajo	Bajo	N, Ca, Cu	Aumentar
Óptimo	Alto	B	Mantener
Alto	Alto	P, K, Mg, Zn	Bajar dosis
Alto	Óptimo	S, Fe, Mn	Mantener y monitorear
Alto	Bajo	Cu	Modificar pH

ANÁLISIS DE TEJIDO

La concentración de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn y B disminuyó en el tejido, debido a que la planta creció y aumentó su biomasa por lo tanto disminuyó la cantidad de cada elemento (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis de tejido por etapa en el cultivo de tabaco finca Teotecacinte lote No. 7 Jalapa, Nicaragua, 2007.

DDT	%						mg/kg				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
0	2.87	0.86	6.14	0.54	0.41	0.63	35.45	827.10	92.56	630.17	56.81
21	4.04	0.50	6.66	1.07	0.96	0.41	21.34	521.39	119.70	176.53	31.46
41	3.22	0.43	5.43	0.88	0.70	0.29	19.11	819.09	213.35	81.82	26.55
48	2.86	0.28	5.01	0.90	0.63	0.28	17.79	696.17	199.66	76.33	21.52
48 a 78	2.57	0.23	3.20	0.79	0.52	0.25	15.31	308.76	130.19	52.30	27.33

€: Días después de transplante.

VARIABLES AGRONÓMICAS

El mayor crecimiento (longitud) de los órganos: tallo y botón se dió entre la etapa vegetativa y floración (21 y 41 DDT) (cuadro 7).

Cuadro 7. Longitud promedio por órgano en cada etapa del cultivo de tabaco lote No. 7 Finca Teotecacinte, Jalapa, Nicaragua, 2007.

Etapa	DDT [€]	DPE [§]	Longitud órgano (cm)				Crecimiento por día (cm)				Volumen raíz
			Tallo	Botón	Hijo	Raíz	Tallo	Botón	Hijo	Raíz	(ml/planta)
Transplante			11.0			8.8					
Vegetativa	20	20	15.7	5.2		5.6	0.2	0.3			
Floración	41	21	138.6	8.5	4.6	13.7	3.0	1.2	0.7	0.4	
Cosecha	48	7	141.5			17.3	0.1			0.5	
Madurez fisiológica	78	30	147.3			23.9	0.1			0.2	139.7

€: Días después de transplante; §: Día por etapa.

El mayor tamaño de la hoja ocurrió en la etapa de cosecha, siendo la hoja diez la más grande con 60.7 cm de longitud y 34 cm de ancho (Cuadro 8). El mayor crecimiento ocurrió entre en la etapa vegetativa y la floración (21-41 DDT) (Cuadro 9).

Cuadro 8. Longitud y ancho de las hojas en cada etapa del cultivo de tabaco lote No. 7 Finca Teotecacinte Jalapa, Nicaragua, 2007.

Hoja	No.	Etapa									
		Transplante (0 DDT [€])		Vegetativa (20 DDT)		Floración (41 DDT)		Inicio de Cosecha (48 DDT)		Fin de Cosecha (78 DDT)	
		Longitud	Ancho	Longitud	Ancho	Longitud	Ancho	Longitud	Ancho	Longitud	Ancho
	1			12.9	8.2	Desbajera		Desbajeras		Desbajeras	
	2			13.3	8.3						
	3	7.1	3.9	15.6	10.7	43.3	25.5	48.3	29.6		
	4			21.6	12.4	46.3	27.0	50.6	31.1		
	5			23.0	13.6	45.3	27.1	50.1	31.2		
	6			21.7	13.4	45.3	27.3	49.9	31.5		
	7			18.0	9.9	50.2	27.4	54.5	31.6		
	8			12.1	11.3	50.8	27.1	56.7	31.2		
	9					47.6	25.9	54.8	31.0	60.5	34.4
	10					47.8	26.2	54.9	31.1	60.7	34.4
	11					48.4	26.1	53.8	31.0	59.1	34.1
	12					48.9	25.4	53.5	29.2	58.7	32.8
	13					46.1	23.6	51.6	27.9	56.8	32.0
	14					41.7	21.5	46.3	26.0	51.6	30.3
	15					40.9	21.3	45.4	25.6	50.8	30.3
	16					32.9	19.5	36.9	24.1	42.2	28.9
	17					25.7	17.4	29.7	21.5	35.6	26.6
	18					20.4	16.8	25.2	19.0	31.3	25.8
	19							10.3	7.7	20.6	17.0

[€]: Días después de transplante.

Cuadro 9. Crecimiento promedio diario (Longitud y ancho) de las hojas en cada etapa del cultivo de tabaco lote No. 7 Finca Teotecacinte, Jalapa, Nicaragua, 2007.

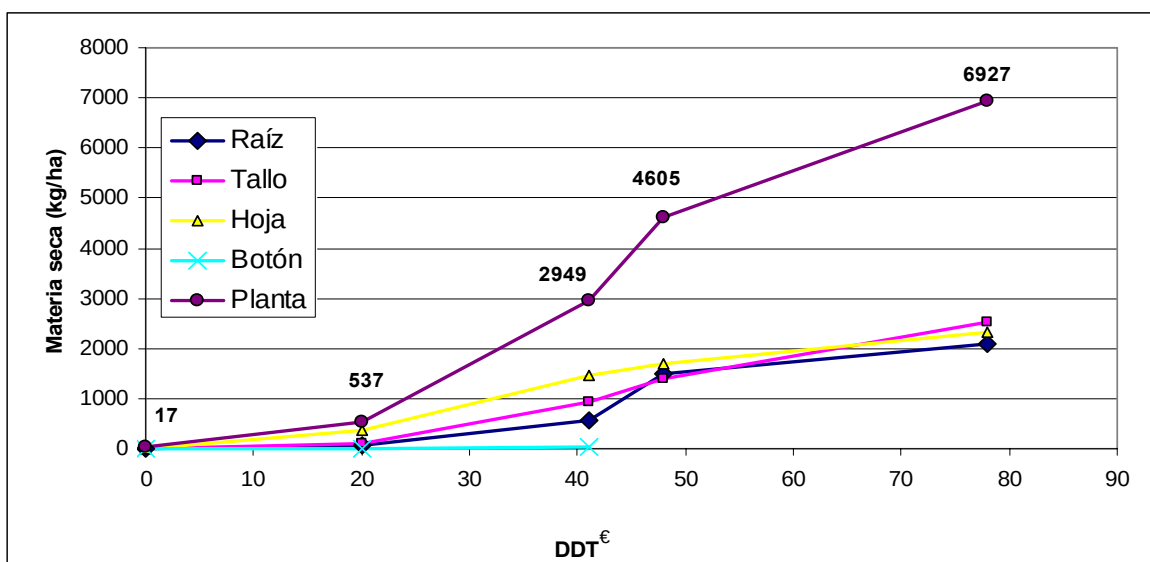
Hoja	No.	Etapas							
		Transplante a vegetativa		Vegetativa a floración		Floración a inicio de Cosecha		Inicio a fin de cosecha	
		Longitud	Ancho	Longitud	Ancho	Longitud	Ancho	Longitud	Ancho
	1			Desbajerada		Desbajerada		Desbajeradas	
	2								
	3	0.4	0.3	1.3	0.7	0.7	0.6		
	4			1.2	0.7	0.6	0.6		
	5			1.1	0.6	0.7	0.6		
	6			1.1	0.7	0.7	0.6		
	7			1.5	0.8	0.6	0.6		
	8			1.8	0.8	0.8	0.6		
	9					1.0	0.7	0.19	0.11
	10					1.0	0.7	0.20	0.11
	11					0.8	0.7	0.18	0.11
	12					0.7	0.6	0.17	0.12
	13					0.8	0.6	0.17	0.14
	14					0.7	0.7	0.18	0.14
	15					0.7	0.6	0.18	0.16
	16					0.6	0.7	0.18	0.16
	17					0.6	0.6	0.20	0.17
	18					0.7	0.3	0.20	0.23
	19							0.34	0.31

€: Días después de transplante.

CURVA DE ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA

La materia seca (MS) acumulada se determinó durante la etapa de cosecha (48-78 DDT) y fue de 6,917 kg/ha, con una ganancia diaria de 238 kgMS/ha/día a finales de dicha etapa. La materia seca acumulada de la raíz y el tallo se obtuvo al final de la etapa de cosecha (78 DDT). La mayor ganancia diaria de peso en la raíz fue de 118 kgMS/ha/día durante la etapa de cosecha (48-78 DDT). En el caso del tallo la mayor producción de materia seca fue de 70 kg/ha/día durante la etapa de cosecha.

La producción de hojas cosechadas fue de 2,170 kgMS/ha. El rendimiento total sin desecho fue de 7,863 kgMS/ha. La acumulación de materia seca del botón fue menor con respecto a los demás órganos ya que este órgano se cortó pocos días después de haber aparecido.



€: Días después de transplante.

Figura 6. Curva de acumulación de materia seca por órgano y etapa en el cultivo de tabaco Var. Habano criollo en el lote No. 7 Finca Teotecacinte, Jalapa, Nicaragua, 2007.

CONSUMO ACUMULADO DE NUTRIENTES

La mayor acumulación de nutrientes ocurrió en la etapa de cosecha (48-78 DDT), este comportamiento se debe a la alta tasa de acumulación de materia seca durante esta etapa (Cuadro 10).

Cuadro 10. Consumo de nutrientes en el cultivo de tabaco Var. Criollo, lote No. 7 Finca Teotecacinte, Jalapa, Nicaragua, 2007.

Etapas	DDT [€]	kg/ha						g/ha				
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Transplante	0	1	0	3	0	0	0	2	40	4	30	3
Vegetativa	20	9	1	14	2	2	1	5	114	26	38	6
Floración	41	95	10	160	26	21	9	56	2442	633	243	78
Cosecha	48	132	13	231	42	29	13	81	3177	909	348	99
Fin de cosecha	78	286	24	353	87	60	27	160	3052	1525	600	328

€: Días después de transplante.

EFFECTIVIDAD EN LA ABSORCIÓN DE NUTRIENTES.

Los análisis químicos de suelo y foliar, demuestran que la absorción de nutrientes brindados como fertilizante y extraídos del suelo por parte del cultivo (cuadro 11) fue muy eficiente en los elementos: N, P, K, Ca, S y Fe.

Cuadro 11. Efectividad en la absorción de nutrientes en el lote No. 7 Finca Teotecacinte Jalapa, Nicaragua, 2007.

Elemento	Fertilizante (kg/ha)	Extraído del suelo (kg/ha)	Absorbido por la planta (kg/ha)		%Eficiencia de absorción
			Medido	Ajustado	
N	125	0	286	165	228
P	17		24	17	146
K	211	119	353	205	107
Ca	9	73	87	51	105
Mg	1	73	60	38	81
S	0.005	0	267	153	
Cu	0.003	0	0	0	
Fe	0.012	125	3	5	2
Mn	0.007	63	2	3	2
Zn	0.003	2	1	1	31
B	0.005	1	0	0	43
Mo	0.0003		0	0	0

CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES

El mayor consumo diario de los nutrientes excepto del Fe ocurrió al final de la etapa de cosecha (48 a 78 DDT), dado por la cantidad de materia seca producida en esta etapa. La tendencia atípica del Fe posiblemente se debió a un lavado deficiente de la raíz, lo cual sobreestimó la cantidad de este elemento. En adelante para la discusión, no se tomó en cuenta a este elemento.

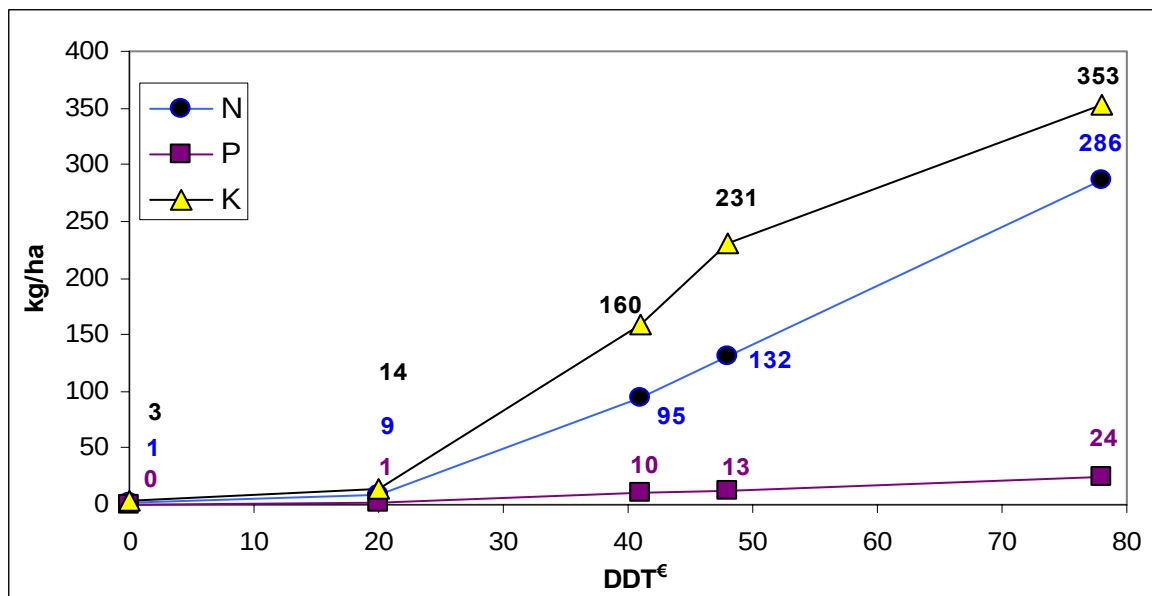
Las figuras 7, 8, 9 y 10, muestran la tendencia de cada elemento a lo largo del ciclo de vida del cultivo; el total acumulado de nutrientes absorbidos con datos obtenidos en cada etapa fenológica del cultivo en kg/ha en el caso de elementos mayores (N, P, K, Ca, Mg, S) y en g/ha en el caso de elementos menores (Cu, Fe, Mg, Zn, B).

Los cuadros 12, 14, 16 y 18 indican la absorción de nutrientes por etapa y cantidad absorbida por día en cada una de ellas en: kg/ha y kg/ha/día (elementos mayores), en g/ha y g/ha/día (elementos menores) y porcentaje absorbido en cada etapa.

Los cuadros 13, 15, 17 y 19 indican la probabilidad y el ajuste que dan validez a las ecuaciones obtenidas por el método estadístico de regresión, utilizando el modelo que mejor se ajustó (modelo cúbico).

Nitrógeno, Fósforo, Potasio

El mayor porcentaje acumulado de N y P se dio al final de la cosecha, en K se dio en la etapa de floración; siendo el K el más alto seguido del N y acumulando en menor cantidad el P (Figura 7).



[€]: Días después de transplante.

Figura 7. Curva de absorción de nitrógeno, fósforo y potasio para el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*), Var. Criollo, Jalapa, Nicaragua, 2007.

Cuadro 12. Porcentaje, ganancia diaria y cantidad de: Nitrógeno, fósforo y potasio absorbido en cada etapa para el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*) Var. Criollo, Finca Teotecacinte, lote No. 7 Jalapa, Nicaragua, 2007.

Etapa	D/E [§]	DDT [€]	N			P			K		
			kg/ha	kg/ha/día	%a [*]	kg/ha	kg/ha/día	%a [*]	kg/ha	kg/ha/día	%a [*]
Transplante	0	0	1	0.0	0	0	0.0	2	3	0.0	1
Vegetativa	20	20	7	0.4	3	1	0.0	3	12	0.6	3
Floración	21	41	86	4.1	30	9	0.4	35	145	6.9	41
Cosecha	7	48	37	5.3	13	3	0.5	13	72	10.2	20
Fin de cosecha	30	78	154	5.1	54	12	0.4	47	122	4.1	34

[§]: Día por etapa; [€]: Días después de transplante; ^{*}: Porcentaje absorbido.

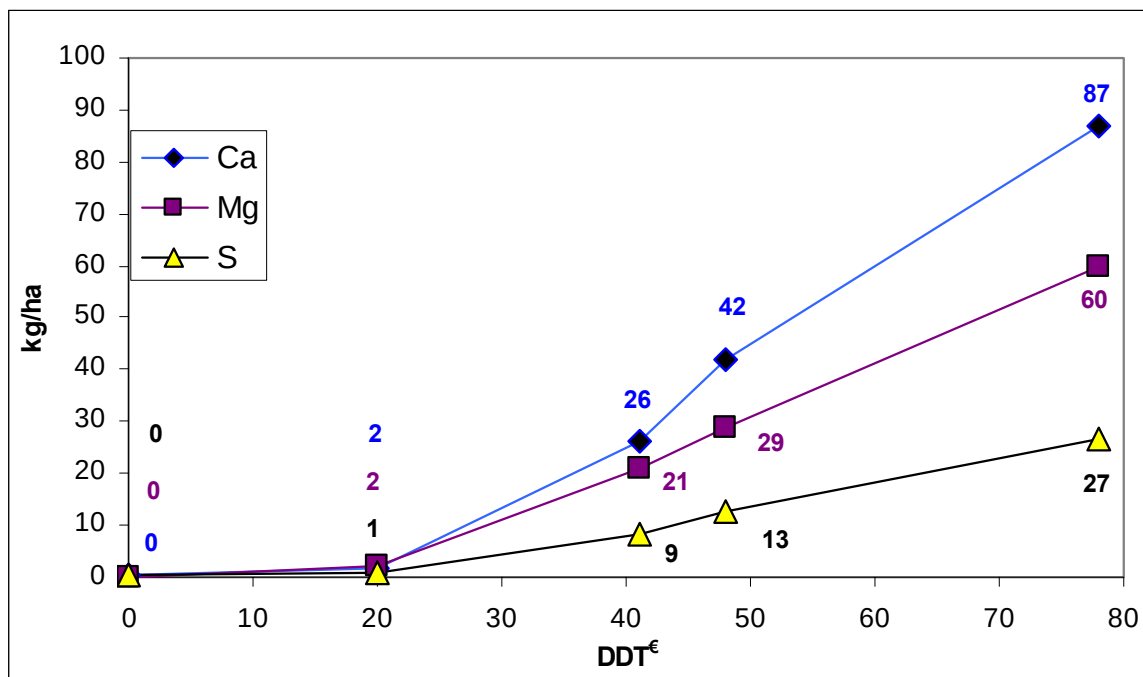
Cuadro 13. Parámetros estadísticos de la correlación simple (MINITAB[®]) en la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio para el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*) Var. Criollo, Finca Teotecacinte lote No. 7 Jalapa, Nicaragua 2007.

Nutriente	R ²	Probabilidad	Modelo	Ecuación
N	99.7	0.001	Cúbico	= 372.207 - 2577.53 DDT + 181.779 DDT ² - 1.56047 DDT ³
P	97.7	0.001	Cúbico	= 160.556 - 317.89 DDT + 21.7134 DDT ² - 0.191140 DDT ³
K	98.1	0.001	Cúbico	= 1053.55 - 5068.11 DDT + 350.178 DDT ² - 3.22600 DDT ³

[€]: Días después de transplante.

Calcio, Magnesio, Azufre

El mayor porcentaje acumulado de estos elementos se dio al final de la cosecha; siendo el Ca el mas alto seguido del Mg y acumulando en menor cantidad el S (figura 9).



€: Días después de transplante.

Figura 8. Curva de absorción de calcio, magnesio y azufre para el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*), Var. Criollo, Jalapa, Nicaragua, 2007.

Cuadro 14. Porcentaje, ganancia diaria y cantidad de: Calcio magnesio y azufre absorbido en cada etapa para el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*) Var. Criollo, Finca Teotecacinte lote No. 7 Jalapa, Nicaragua, 2007.

Etapa	D/E [§]	DDT [€]	Ca			Mg			S		
			kg/ha	kg/ha/día	%a [*]	kg/ha	kg/ha/día	%a [*]	kg/ha	kg/ha/día	%a [*]
Transplante	0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	3	0.0	0
Vegetativa	20	20	2	0.1	2	2	0.1	3	1	0.1	2
Floración	21	41	24	1.1	27	19	0.9	31	8	0.4	18
Cosecha	7	48	16	2.3	18	9	1.2	14	4	0.5	26
Fin de cosecha	30	78	45	1.5	52	30	1.0	51	14	0.5	54

[§]: Día por etapa; [€]: Días después de transplante; ^{*}: Porcentaje absorbido.

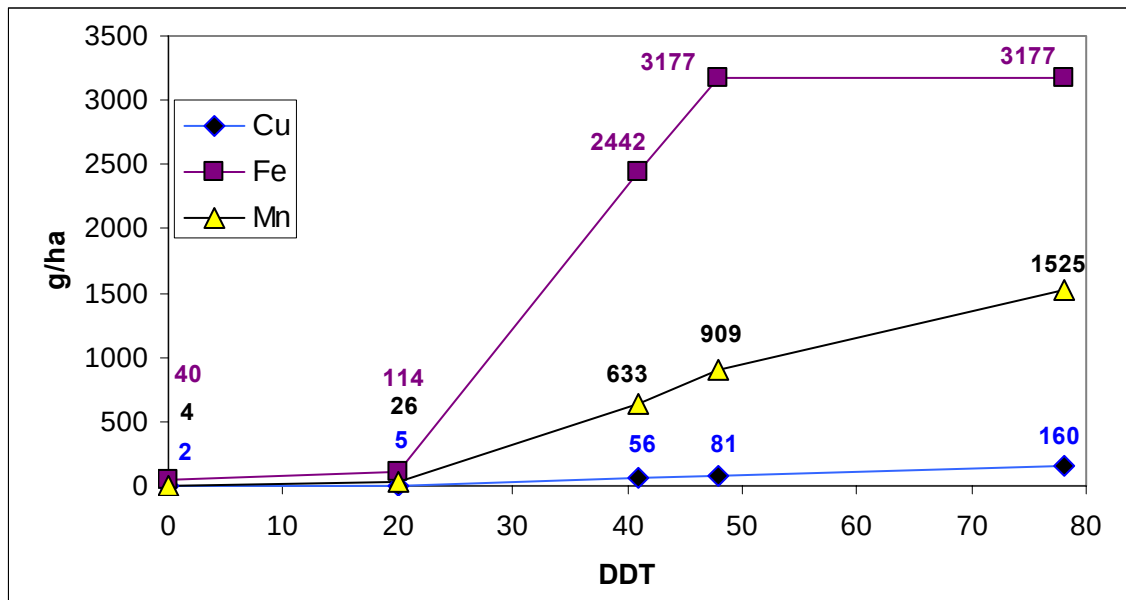
Cuadro 15. Parámetros estadísticos de la correlación simple (MINITAB®) en la absorción de calcio, magnesio y azufre para el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*) Var. Criollo, Finca Teotecacinte lote No. 7 Jalapa, Nicaragua, 2007.

Nutriente	R ²	Probabilidad	Modelo	Ecuación
Ca	96.0	0.001	Cúbico	$= 223.846 - 918.155 \text{ DDT} + 59.6753 \text{ DDT}^2 - 0.507015 \text{ DDT}^3$
Mg	91.3	0.001	Cúbico	$= 82.4695 - 588.936 \text{ DDT} + 41.2860 \text{ DDT}^2 - 0.353029 \text{ DDT}^3$
S	94.8	0.001	Cúbico	$= 107.134 - 238.767 \text{ DDT} + 16.5000 \text{ DDT}^2 - 0.136650 \text{ DDT}^3$

[€]: Días después de transplante.

Cobre, Hierro, Manganeso

El mayor porcentaje acumulado de Mn y Cu se dio al final de la cosecha con excepción del Fe, dado que su máxima absorción se expresó durante la floración (figura 11).



€: Días después de transplante.

Figura 9. Curva de absorción de cobre, hierro y manganeso para el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*), Var. Criollo, Jalapa, Nicaragua, 2007.

Cuadro 16. Porcentaje, ganancia diaria y cantidad de: Cobre, hierro y manganeso absorbido en cada etapa para el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*) Var. Criollo, Finca Teotecacinte lote No. 7 Jalapa, Nicaragua, 2007.

Etapa	D/E [§]	DDT [€]	Cu			Fe			Mn		
			g/ha	g/ha/día	%a [*]	g/ha	g/ha/día	%a [*]	g/ha	g/ha/día	%a [*]
Transplante	0	0	2	0.0	1	40	0.0	0	4	0.0	0
Vegetativa	20	20	3	0.1	2	75	3.7	2	22	1.1	1
Floración	21	41	52	2.5	32	2328	110.9	74	607	28.9	40
Cosecha	7	48	25	3.5	15	734	104.9	23	276	39.4	18
Fin de cosecha	30	78	79	2.6	50	0	0.0	0	615	20.5	40

[§]: Día por etapa; [€]: Días después de transplante; ^{*}: Porcentaje absorbido.

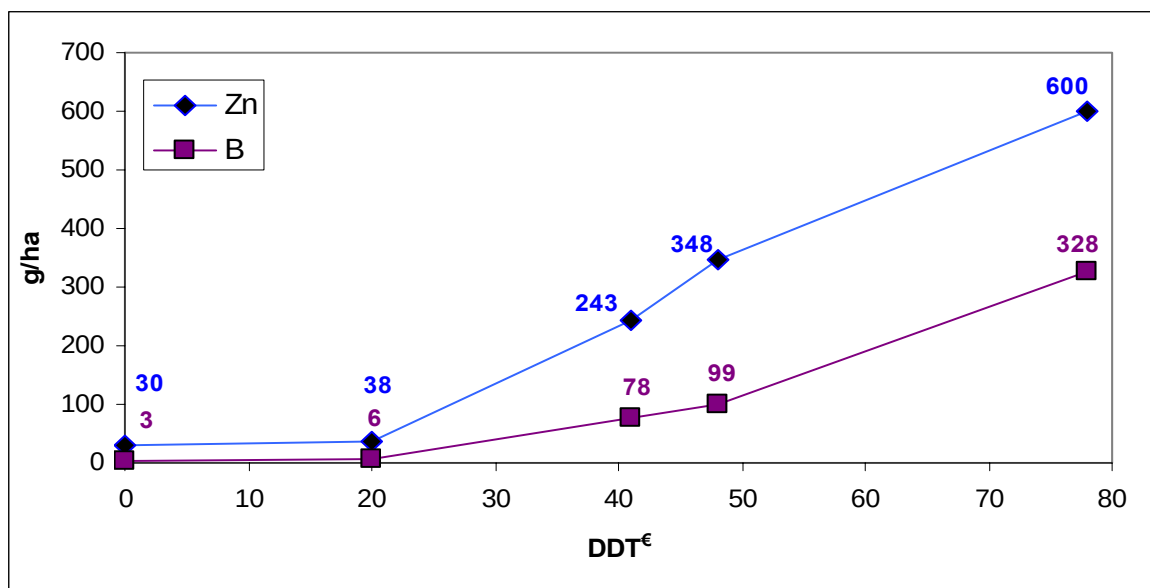
Cuadro 17. Parámetros estadísticos de la correlación simple (MINITAB[®]) en la absorción de cobre, hierro y manganeso para el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*) Var. Criollo, Finca Teotecacinte lote No. 7 Jalapa, Nicaragua, 2007.

Nutriente	R ²	Probabilidad	Modelo	Ecuación
Cu	93.6	0.001	Cúbico	= 6624.9 - 18591.5 DDT + 1228.97 DDT ² - 10.5920 DDT ³
Fe	89.0	0.001	Cúbico	= 61098.9 - 321366 DDT + 23937.8 DDT ² - 219.208 DDT ³
Mn	95.2	0.001	Cúbico	= 30054.3 - 255404 DDT + 16107.7 DDT ² - 146.488 DDT ³

[€]: Días después de transplante.

Zinc y Boro

La máxima absorción de nutrientes acumulada de estos elementos se dio en la etapa final de cosecha siendo el mas alto el B (figura 10). La cantidad total absorbida fue mayor de Zn.



[€]: Días después de transplante.

Figura 10. Curva de absorción de zinc y boro para el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*), Var. Criollo, Jalapa, Nicaragua, 2007.

Cuadro 18. Porcentaje, ganancia diaria y cantidad de: zinc y boro absorbido en cada etapa para el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*) Var. Criollo, Finca Teotecacinte lote No. 7 Jalapa, Nicaragua, 2007.

Etapa	D/E ^º	DDT [€]	Zn			B		
			g/ha	g/ha/día	%a [*]	g/ha	g/ha/día	%a [*]
Transplante	0	0	30	0.0	5	3	0.0	1
Vegetativa	20	20	8	0.4	1	4	0.2	1
Floración	21	41	204	9.7	34	71	3.4	22
Cosecha	7	48	106	15.1	18	22	3.1	7
Fin de cosecha	30	78	251	8.4	42	228	7.6	70

^º: Día por etapa; [€]: Días después de transplante; ^{*}: Porcentaje absorbido.

Cuadro 19. Parámetros estadísticos de la correlación simple (MINITAB[®]) en la absorción de zinc y boro para el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*) Var. Criollo, Finca Teotecacinte lote No. 7 Jalapa, Nicaragua, 2007.

Nutriente	R ²	Probabilidad	Modelo	Ecuación
Zn	94.9	0.001	Cúbico	= 104090.0 - 78273.7 DDT + 5610.37 DDT ² - 52.3570 DDT ³
B	98.8	0.001	Cúbico	= 10246.6 - 21976.9 DDT + 1460.81 DDT ² -11.7079 DDT ³

[€]: Días después de transplante.

CONCLUSIONES

- El cultivo presentó una absorción progresiva en: N, P, Ca, Mg, S, Cu, Mn, Zn y B.
- La mayor absorción de nutrientes se dio entre los 20 y 48 DDT.
- El K y Fe tuvieron su máxima absorción a los 41 y 78 DDT.
- En general, la etapa de mayor demanda nutricional fue la etapa de cosecha (48 – 78 DDT) debido a que representa el mayor porcentaje del total de materia seca acumulada, excepto para K que fue entre la etapa vegetativa y floración.
- El tabaco negro, Var. Criollo, es muy eficiente en la absorción de N, P, S y Cu ya que extrajo cantidades mayores a lo ofrecido como fertilizantes y disponibles inusualmente en el suelo.
- La acumulación máxima de materia seca se dio en etapa de cosecha (48-78 DDT) con 6,927 kg/ha.
- La etapa de mayor ganancia diaria, acumulación y porcentaje de materia seca en las hojas, se dio durante la etapa de floración con 47% del crecimiento total.

RECOMENDACIONES

- Aplicar una dosis de N- 130- P-13- K- 152- Ca 56- Mg 40 kg/ha/ciclo.
- Ajustar pH del suelo con CaCO_3 según los limitantes de calidad del tabaco.
- Extender la aplicación de fertilizantes más allá de los 20 DDT y antes de 41 DDT en una forma fraccionada.
- Evaluar el resultado en rendimiento y calidad de estas recomendaciones.
- Monitorear el suelo por acumulación de P, K, Fe y Al y acidez progresiva.
- Ajustar tiempos de riego de acuerdo al tipo de suelo.
- Hacer un estudio de drenaje.
- Mejorar los drenajes en donde se encuentran los grupos texturales finos con mayor problema ($\frac{F^-}{F^+}$)
 - F^-
- Estructurar las recomendaciones de acuerdo a los análisis de suelo y foliar en cada ciclo de cultivo (fraccionamiento).

LITERATURA CITADA

Alfaro, M. F.M.1983. El cultivo del tabaco. Condiciones de Cultivo. Revista EUED. p 28-35.

Arévalo, G y Gauggel, C. 2006. Curso manejo de suelos y nutrición vegetal. Notas de clase. Inédito.

Domínguez, D. V.1989. Tratado de fertilización. Editorial Trillas. España. p 127- 376 – 378.

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.

INFOAGRO, 2006. El cultivo de tabaco. En línea. Consultado el 24 de octubre de 2006. Disponible en: <http://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/tabaco.htm>

Instituto del tabaco de la República Dominicana, 2006. Historia, cultura y perspectiva del tabaco dominicano. En línea. Consultado el 24 de octubre del 2006. Disponible en: <http://www.intabaco.gov.do/divulgacion/Historia,%20cultura%20y%20perspectiva%20del%20Tabaco%20Dominicano.pdf>

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