

27
24



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

**Escuela Nacional de Estudios Profesionales
"ZARAGOZA"**

**Efectos de las Microondas en el
Análisis Foliar de Cítricos.**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

Licenciado en Biología

P R E S E N T A:

JOSE MANUEL MORAN GONZALEZ

MEXICO, D. F. 1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

C O N T E N I D O

pág.

Lista de Tablas.....	iii
Lista de Diagramas.....	v
Resumen.....	vi

CAPITULO UNO

INTRODUCCION.....	1
ANTECEDENTES.....	3
OBJETIVOS.....	8

CAPITULO DOS

METODOLOGIA.....	9
1. Técnica de Muestreo.....	9
2. Manejo y Preparación de la Muestra.....	10
a) Lavado.....	10
b) Secado.....	11
c) Pulverizado.....	13
3. Análisis Químico.....	14
4. Análisis Estadístico.....	19

pág.

CAPITULO TRES

ANALISIS DE RESULTADOS.....	22
Porcentaje de Humedad.....	24
Nitrógeno Total.....	30
Fósforo Total.....	34
Potasio Total.....	38

CAPITULO CUATRO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42
-------------------------------------	----

BIBLIOGRAFIA.....	44
-------------------	----

APENDICE.....	58
---------------	----

Lista de Tablas

	pág.
Tabla 1. Porcentaje de Humedad en muestras foliares de 4 cítricos secadas con los hornos convencional o de microondas.....	26
Tabla 2. Tabla ANOVA para el Porcentaje de Humedad en muestras foliares de 4 cítricos secadas con los hornos convencional (24 y 48 horas) o de microondas (8, 10 y 12 minutos).....	27
Tabla 3. Tabla ANOVA para el Porcentaje de Humedad en muestras foliares de 4 cítricos secadas con los hornos convencional (48 horas) o de microondas (8, 10 y 12 minutos).....	28
Tabla 4. Concentraciones de Nitrógeno Total (%) en muestras foliares de 4 cítricos secadas con los hornos convencional (48 horas) o de microondas (8, 10 y 12 minutos).....	31
Tabla 5. Tabla ANOVA para las Concentraciones de Nitrógeno Total en muestras foliares de 4 cítricos secadas con los hornos convencional (48 horas) o de microondas (8, 10 y 12 minutos).....	32
Tabla 6. Concentraciones de Fósforo Total (%) en muestras foliares de 4 cítricos secadas con los hornos convencional (48 horas) o de microondas (8, 10 y 12 minutos).....	35
Tabla 7. Tabla ANOVA para las Concentraciones de Fósforo Total en muestras foliares de 4 cítricos secadas con los hornos convencional (48 horas) o de microondas (8, 10 y 12 minutos).....	36

Tabla 8. Concentraciones de Potasio Total (%) en muestras folia-
res de 4 cítricos secadas con los hornos convencional
(48 horas) o de microondas (8, 10 y 12 minutos)..... 39

Tabla 9. Tabla ANOVA para las Concentraciones de Potasio Total
en muestras foliares de 4 cítricos secadas con los hor-
nos convencional (48 horas) o de microondas (8, 10 y 12
minutos)..... 40

Lista de Diagramas

	pág.
Diagrama 1. Diagrama de flujo para la Metodología del estudio: "Efecto de las Microondas en el Análisis Foliar de Cítricos".....	16
Diagrama 2. Diagrama de tallo-y-hoja en espejo para el Porcen- taje de Humedad en muestras foliares de 4 cítricos secadas con los hornos convencional (48 horas) o de microondas (8, 10 y 12 minutos).....	29
Diagrama 3. Diagrama de tallo-y-hoja en espejo para las Concen- traciones de Nitrógeno Total (%) en muestras folia- res de 4 cítricos secadas con los hornos convencio- nal (48 horas) o de microondas (8, 10 y 12 minutos).....	33
Diagrama 4. Diagrama de tallo-y-hoja en espejo para las Concen- traciones de Fósforo Total (%) en muestras foliares de 4 cítricos secadas con los hornos convencional (48 horas) o de microondas (8, 10 y 12 minutos).....	37
Diagrama 5. Diagrama de tallo-y-hoja en espejo para las Concen- traciones de Potasio Total (%) en muestras foliares de 4 cítricos secadas con los hornos convencional (48 horas) o de microondas (8, 10 y 12 minutos).....	41

RESUMEN

Se implementó una técnica de secado con horno de microondas para preparar las muestras en el análisis foliar de Lima Reyna (*Citrus medica* L.), Limón Persa (*C. aurantiifolia* Swingle), Mandarina (*C. reticulata* Blanco) y Naranja Valencia (*C. sinensis* Osbeck) reduciendo el tiempo de 48 horas que requiere el método tradicional, a 8 minutos con el horno de microondas.

Las hojas fueron tratadas en dos series, una de ellas se secó en un horno convencional a 70 °C. durante 48 horas, misma que se usó como testigo; y la otra se secó en un horno de microondas a 8, 10 y 12 minutos de exposición. En ambas series de muestras se analizaron nitrógeno, fósforo, potasio y su contenido de humedad. A los resultados obtenidos en estas determinaciones, se les aplicaron los métodos estadísticos del Análisis de Varianza y Diagrama de Tallo-y-Hoja, encontrando que no hay diferencias significativas entre los dos tipos de secado.

CAPITULO UNO

INTRODUCCION

El análisis químico de las plantas es de gran importancia a la agricultura, porque: permite conocer el estado nutricional de éstas (3, 5, 28, 73 y 81); sirve para diagnosticar o confirmar deficiencias o excesos de elementos nutritivos en los suelos donde las plantas se desarrollan (5, 10, 31, 67, 73 y 86), con lo cual provee una guía en la fertilización de cultivos (52, 73, 84, 86 y 91) para aplicar las cantidades necesarias (5, 52 y 84) y evitar la contaminación del suelo debida a altas concentraciones de fertilizantes (28), ayudando a obtener elevadas producciones de cosechas (90); también puede ser utilizado para comprobar síntomas causados por otros factores, como son, clima y tipo de cultivos (5 y 54).

Para hacer este análisis, se selecciona a la hoja como la parte específica de la planta que mejor refleja su estado nutricional (31), así como por ser el órgano en donde se lleva a cabo la mayor actividad metabólica (84).

Las hojas utilizadas como muestra, requieren cierta preparación que es tan importante como el propio análisis; ésto ha conducido al desarrollo de una metodología, que permite preservar las muestras secándolas en un horno convencional a 70 °C durante 48 horas. Dicho tiempo es demasiado largo y el proceso se complica aún más cuando hay que analizar un gran número de ellas. El objetivo principal de este trabajo, es implementar una alternativa en el secado, utilizando el horno de microondas para reducir ese tiempo sin modificar las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio totales (N-P-K) contenidas en hojas de cítricos, ya que son algunos de los elementos que necesitan todos los vegetales en cantidades mayores -por lo que se les llama macroelementos- y frecuentemente limitan su desarrollo (62).

Asimismo, debido a que existen pocos estudios realizados desde el punto de vista agronómico y ecológico (2), con la presente investigación, se pretende aumentar la eficiencia de cualquier laboratorio de análisis foliar, para cubrir grandes áreas de cultivos y aplicar adecuadamente los fertilizantes en la época necesaria, obteniendo mayores producciones de cosechas.

ANTECEDENTES

El análisis químico de plantas fue utilizado por De Saussure en 1804 (citado por Devlin, 1980 y Rojas, 1980) para demostrar que éstas necesitan para su desarrollo, de los elementos nutritivos que contiene el suelo, los cuales pasan a través del sistema absorbente de las raíces.

Posteriormente, Von Liebig (1840) determinó las necesidades de nutrimentos de las plantas, mediante el estudio de los elementos que absorben del suelo. De acuerdo a las bases anteriores, Weinhold (1862) evaluó el suplemento de nutrimentos disponibles que se encuentran en el suelo (39).

Actualmente, los trabajos que se realizan acerca del análisis de plantas, se pueden agrupar en 4 categorías establecidas por Goodall y Gregory (1957) (citados por Jones, 1983): *i*) investigar las alteraciones nutricionales manifestadas por síntomas definidos; *ii*) interpretar resultados de pruebas de campo; *iii*) desarrollar métodos rápidos de pruebas que sirvan como trabajos de consulta; y *iv*) tener un método de investigación nutricional.

Numerosos investigadores se han ubicado dentro de una u otra de las categorías anteriores para realizar sus estudios sobre el mismo análisis (11, 18, 31, 32, 39, 42, 52, 57, 60, 67, 73, 78, 79, 84, 86, 87, 90 y 91); otros más se han enfocado a frutales y cultivos, por ejemplo, aguacate (35), cafeto (66), cítricos (17, 19, 27, 28, 33, 34, 38, 47, 61, 68, 81 y 89), durazno (7, 34 y 65), manzano (7, 12 y 44), nogal (76 y 92), uva (10), alfalfa (33, 34, 37, 38 y 51), betabel (29 y 88), caña de azúcar (26, 55 y 56), maíz (3, 33, 37, 51, 63 y 71), olivo (53), etc.

Como la técnica de dicho análisis requiere del secado previo de la muestra, se ha profundizado en nuestros días sobre este proceso, con ayuda de aparatos modernos que se pueden adaptar para este propósito, entre los que se encuentran el autoclave, la liofilizadora, el horno de microondas, el horno convencional y el horno de vacío. Algunos autores han comparado el secado de muestras diversas entre esos aparatos.

Carlier y van Hee (1971) y Kaldy *et al.* (1979) reportan que el secado de forrajes con 10 minutos de microondas es una técnica adecuada para la determinación de componentes orgánicos, además de ser comparable con el horno convencional 16 horas a 80 °C.

Stephenson y Gaines (1975) compararon el horno convencional (3 horas a 99-100 °C), el horno de microondas (3-7 minutos) y la liofilizadora (24 horas) para secar hojas de tabaco sin encontrar diferencias significativas en el contenido de nitrógeno total y de proteína entre los 3 métodos probados, además proponen al horno de microondas como una alternativa en la preparación de la muestra.

Carter *et al.* (1976) utilizaron el horno de microondas 12 minutos para determinar sólidos biológicos en aguas de desecho, resultando equivalente al horno convencional durante 60 minutos.

Lade y Nejadi (1976) y Gee y Dodson (1981) determinaron el contenido de humedad en suelos con un horno de microondas y uno convencional, obteniendo datos semejantes para los 2 aparatos; sin embargo, Thien *et al.* (1978) encontraron que la radiación de microondas afecta el análisis químico de suelos.

Lee y Latham (1976) redujeron el tiempo de secado, de 3 horas durante 135 °C en un horno convencional, a 2 minutos en uno de microondas para calcular la humedad en conservas alimenticias.

Rzepecka (1976) y Brygidyr (1977) deshidrataron purés alimenticios espumosos más rápidamente en un horno de microondas que en uno convencional para determinarles la densidad y tamaño de burbuja, llegando a concluir, que además de ser el primero más rápido, proporciona resultados más exactos.

Becwar *et al.* (1977) trabajando con cuatro variedades de maíz, describen un método para determinar su contenido de humedad usando 3 minutos un horno de microondas, el cual resulta más exacto, rápido y simple que el horno de vacío durante 24 horas.

Darrah *et al.* (1977) encontraron que el secado con microondas causó daños por quemaduras a la alfalfa después de 12 minutos de exposición; sin embargo, el daño es mayor cuando ésta se seca a 100 °C en un horno convencional.

Leonhardt *et al.* (1978) expusieron durante 13 minutos de microondas, muestras de levadura comprimida para conocer su contenido de humedad por este procedimiento, mismo que resultó igual con el horno convencional 5 horas a 102 °C.

Miyai (1978) adaptó un horno de microondas para cuantificar la humedad en granos forrajeros, recomienda a éste aparato por ser fácil de operar, además de que se puede aplicar para secar textiles y pulpas.

Takahashi *et al.* (1978) y Barbano *et al.* (1984) eliminaron la humedad de la leche con los hornos convencional y de microondas; de acuerdo a este estudio, concluyeron que no hay influencia entre uno y otro, sólo que es necesario calibrar el horno de microondas antes de secar cualquier muestra.

Smith (1980) y Smith y Gaines (1980) analizaron químicamente muestras de *Rhododendron sp.*, *Juniperus sp.*, *Lagerstroemia indica* y *Ca-*

mellia sp., las cuales secaron con un horno de microondas y uno convencional, donde no encontraron alteraciones en el contenido de N-P-K en las mismas; por lo tanto, deducen que es más económico y podría ahorrar mucho tiempo si el secado con microondas fuera utilizado en muestras de plantas para su análisis elemental.

Kamoi *et al.* (1981) emplearon cuatro aparatos para secar tuberosas: liofilizadora, horno de vacío, horno de microondas y horno convencional; asimismo, Kubota *et al.* (1983) para el mismo tipo de muestras, utilizaron los hornos convencional y de microondas; estos autores, coinciden en afirmar que el equipo usado no influye en la determinación de humedad.

Schuman y Rauzi (1981) estimaron la producción de biomasa sin afectar los niveles de nitrógeno y fósforo en forrajes secados durante 10 minutos con el horno de microondas, este tiempo fue equivalente con el horno convencional a 55 °C por 24 horas.

Campbell y Crescuolo (1982) para eliminar la humedad de sedimentos, aplicaron 15 minutos la radiación de un horno de microondas, por otro lado, probaron un horno convencional 16 horas a 105 °C; entre ambos secados, no encontraron diferencias significativas en el contenido de humedad.

Karn y Lorenz (1982) demostraron que el secado con microondas, es igual al del horno convencional y de la liofilizadora para las determinaciones de nitrógeno en pasto forrajero.

Peterson *et al.* (1982) mencionan que no hay diferencias entre el uso del horno de microondas y el horno de vacío, para evaluar la humedad en tejidos pulmonares y sanguíneos procedentes de animales.

Davis y Lai (1984) utilizaron el horno convencional y el de microondas para determinar la humedad en harina de cereales, con lo cual concluyen que el horno de microondas seca más rápido y no influye en el contenido de humedad.

Tiedemann *et al.* (1984) secaron hojas de arbustos con el autoclave (seguido del horno convencional a 65 °C), con el horno de microondas y al aire libre, para determinarles el contenido de nitrógeno total, el cual no se alteró en las muestras secadas por cualquiera de los 3 métodos probados; desde luego, el proceso fue más rápido con el horno de microondas (1-3 minutos), seguido del autoclave (10-15 minutos) para ser más tardado al aire libre (1 semana).

Daines e Ingpen (1985) adaptaron un horno de microondas para llevar al campo y evitar el transporte de las muestras al laboratorio. El secado con microondas (16 minutos) fue comparativamente igual al realizado con un horno convencional (24 horas a 80 °C) para la composición química de los vegetales estudiados —generalmente hierbas silvestres.

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar el efecto causado por el proceso de secado en horno de microondas sobre las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio totales contenidas en hojas de cítricos.

Objetivos Particulares

- a) Encontrar el tiempo mínimo de secado con el horno de microondas para el análisis foliar de Lima Reyna (*Citrus medica* L.), Limón Persa (*C. aurantiifolia* Swingle), Mandarina (*C. reticulata* Blanco) y Naranja Valencia (*C. sinensis* Osbeck).

- b) Determinar si la técnica del secado en horno de microondas, causa variación en las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio totales contenidas en hojas de cítricos, con respecto al secado en horno convencional.

CAPITULO DOS

METODOLOGIA

Este estudio se realizó con hojas de Lima Reyna (*Citrus medica* L.), Limón Persa (*C. aurantiifolia* Swingle), Mandarina (*C. reticulata* Blanco) y Naranja Valencia (*C. sinensis* Osbeck) considerando cuatro etapas:

1. TECNICA DE MUESTREO
2. MANEJO Y PREPARACION DE LA MUESTRA
3. ANALISIS QUIMICO
4. ANALISIS ESTADISTICO

1. TECNICA DE MUESTREO

Las muestras fueron colectadas en el Campo Experimental "Presidente Manuel González" CONAFRUT-SARH, de Huajintlán, Mor., localizado a 18° 36' 34" con Latitud Norte y 99° 25' 42" de Longitud Oeste.

En julio de 1985 se hizo la colecta, siguiendo la técnica de muestreo de Orozco (1979), ésta fue a las 7 de la mañana, escogiendo hojas maduras y sanas alrededor del árbol entre una altura aproximada de 1.5 y 1.7 metros, provenientes de ramas sin frutos. La cantidad de material vegetal tomado de cada especie, fue de aproximadamente 500 gramos (Diagrama 1).

2. MANEJO Y PREPARACION DE LA MUESTRA

Las hojas colectadas se depositaron en bolsas de papel, que a su vez se envolvieron con bolsas de plástico para conservarlas y transportarse al laboratorio en una hielera (19).

En el laboratorio, las hojas se guardaron en refrigeración a 4°C hasta el día siguiente (19), que fue cuando se homogeneizaron manualmente dentro de la bolsa durante 20 minutos (77), con el fin de sacarlas al azar y formar una muestra lo más representativa posible; este procedimiento se efectuó con cada una de las especies aquí estudiadas.

La preparación de la muestra consta de tres pasos:

- a) Lavado
- b) Secado
- c) Pulverizado

a) Lavado

Es indispensable lavar las hojas para eliminar el polvo o cualquier material extraño que pueda conducir a errores en los resultados analíticos (6, 11, 39 y 47); por lo tanto, este paso se realizó en agua corriente y posteriormente en 3 recipientes de plástico: el primero de ellos contenía ácido clorhídrico 0.1 N y los 2 últimos agua desmineralizada - cada uno con 7 litros (76) -, donde se pasaron las hojas en el mismo orden (1, 47, 76 y 77); finalmente, se les eliminó el exceso de agua con papel absorbente y se pesaron rápidamente en una balanza (Mettler PE 400).

b) Secado

Este paso es el objetivo principal de la presente investigación, para el cual se utilizaron: el horno convencional (Hotpack Supermatec Oven con circulador de aire, modelo 213023) y el horno de microondas (Litton-MenuMaster, modelo No. 80-40, con 1050 watts de potencia y -magnetron de 2450 MHz).

Con el horno convencional se secaron las muestras durante 24 y 48 horas a 105 y 70 °C respectivamente, a fin de determinar el Porcentaje de Humedad. El horno de microondas se calibró antes para conocer el tiempo de secado, el cual se aplicó en la prueba final, donde también se determinó el Porcentaje de Humedad a las muestras.

b.1) Determinación del Porcentaje de Humedad en las muestras utilizando el horno convencional

El Porcentaje de Humedad en cada especie estudiada, se determinó con el horno convencional, utilizando muestras de 10 gramos secadas a 105 °C (2, 6 y 19) y 70 °C (24, 36 y 61) durante 24 y 48 horas respectivamente, hasta peso constante y realizando 6 repeticiones para cada tiempo. Esta técnica se comparó con el secado en el horno de microondas.

Las muestras se pesaron antes y después del proceso de secado - para calcular el Porcentaje de Humedad por diferencia de peso, bajo la siguiente relación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{peso inicial (g)} - \text{peso final (g)}}{\text{peso inicial (g)}} \times 100$$

b.2) Calibración del horno de microondas

El horno de microondas se calibró haciendo una prueba preliminar de secado, colocando 60 gramos de muestra de cada especie, divididas en 6 repeticiones con 10 gramos cada una; éstas fueron sometidas a 2, 4, 6, 8, 10 y 12 minutos de exposición, o hasta peso constante. A los 10 minutos fue constante el valor de humedad, por lo que para la prueba final se seleccionaron 8, 10 y 12 minutos.

b.3) Determinación del Porcentaje de Humedad en las muestras utilizando el horno de microondas

Una vez seleccionados los 8, 10 y 12 minutos de secado con el horno de microondas, se hicieron 6 repeticiones para cada tiempo. Para evitar la combustión de las muestras debida a un sobrecalentamiento en el interior del horno (9), éste se dejó enfriar 3 minutos entre cada minuto de exposición, hasta completar 8, 10 y 12 minutos.

En las 4 especies se utilizaron 30 gramos de material vegetal - distribuidos en 3 partes de 10 gramos cada una. Se introdujeron al horno de microondas las 3 muestras de cada frutal a la vez, teniendo un total de 12: 3 de Lima, 3 de Limón, 3 de Mandarina y 3 de Naranja; después de 8 minutos de exposición, se obtuvo al azar una de cada especie, se acomodaron las demás que recibieron otros 2 minutos de exposición, teniendo así las muestras secadas a 10 minutos, que de igual forma se sacó una de ellas y quedar las últimas nuevamente acomodadas, para recibir 2 minutos más de exposición completando los 12 minutos.

Estas muestras también se pesaron antes y después del secado para calcular su Porcentaje de Humedad, de la misma manera como se determinó con el horno convencional.

Para facilitar el manejo y tener una mejor identificación de las muestras, cada repetición (10 gramos), se colocó en cajitas de cartoncillo (10 x 10 x 2 cm) con un color de acuerdo al cítrico, es decir, para Lima se usó el amarillo, el verde para Limón, el rojo para Mandarina y para Naranja el color naranja. Estos recipientes fueron utilizados una sólo vez.

Posterior al secado, todas las muestras se enfriaron en un desecador con cloruro de calcio (9) para después pesarse en una balanza - (Mettler PE 400).

c) Pulverizado

Las muestras ya secas, se pulverizaron en un molino de martillos de acero inoxidable (Culatti, tipo DFH 48) pasando a través de un tamiz con malla No. 40 (29, 61 y 77). La molienda resultante fue almacenada en bolsas de plástico (10 x 15 cm) previamente etiquetadas (Diagrama 1).

3. ANALISIS QUIMICO

Antes de proceder a realizar el análisis de la muestra pulverizada, se eliminó la humedad que pudiera haber adquirido del ambiente, colocando las bolsas que contenían la molienda, dentro de vasos de precipitados PYREX de 150 ml, durante una hora en el horno convencional a 70 °C (61 y 77), cuidando que éstas estuvieran abiertas para permitir la salida de humedad.

Los análisis químicos correspondieron para nitrógeno, fósforo y potasio totales, con base en 1 gramo de materia seca (Diagrama 1).

A continuación se menciona el método y equipo utilizado en la determinación de cada elemento (ver procedimientos en el Apéndice):

NITROGENO: método automatizado (AOAC, 1980; método 7.021 - 7.024) con el Kjeltec Auto 1030 Analyzer, TECATOR.

FOSFORO : método fotométrico del molibdato de amonio y ácido ascórbico, modificado (*), con un Spectronic 20, BAUSCH & LOMB.

* Comunicación escrita por la Sección de Suelo, Agua y Tejido Foliar del Laboratorio Agrológico del Departamento de Agricultura de Puerto Rico, E. U. A.

POTASIO: método fotonétrico de flama (AOAC, 1980; método 3.020 - 3.023)
con un Fotómetro de Flama CORNING 400.

Para nitrógeno se aplicó digestión húmeda con ácido sulfúrico concentrado, y para fósforo y potasio se preparó un extracto mediante acenización seca.

Diagrama 1. Diagrama de flujo para la Metodología del estudio:
 "Efecto de las Micronudas en el Análisis Foliar de
 Cítricos".

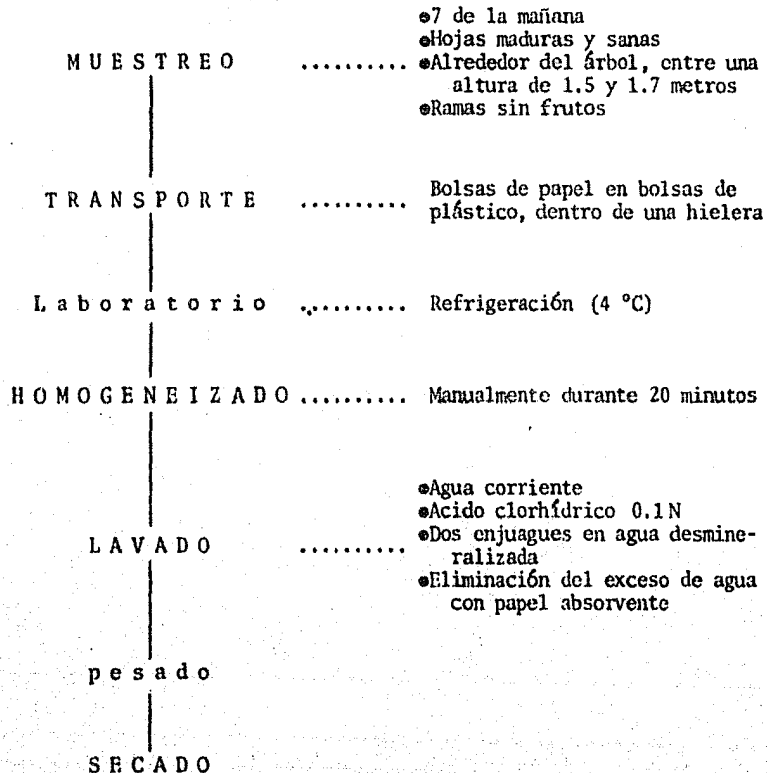
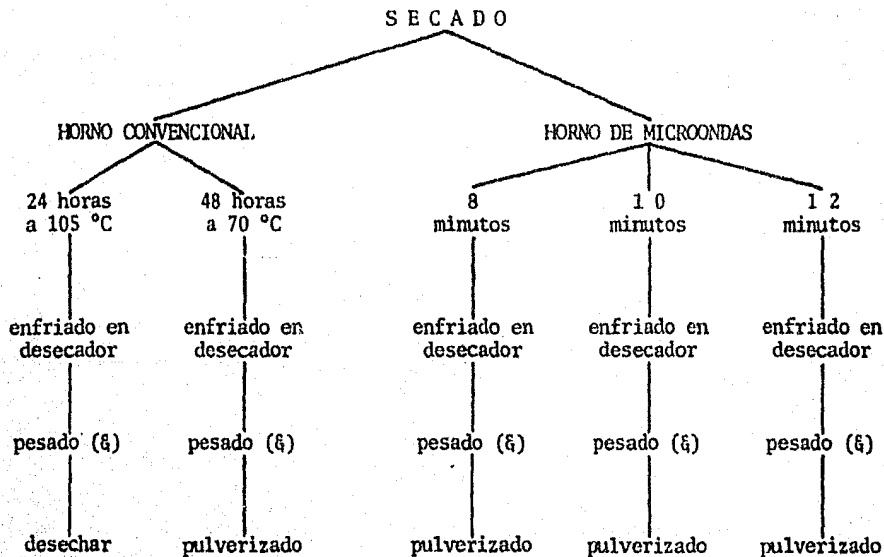
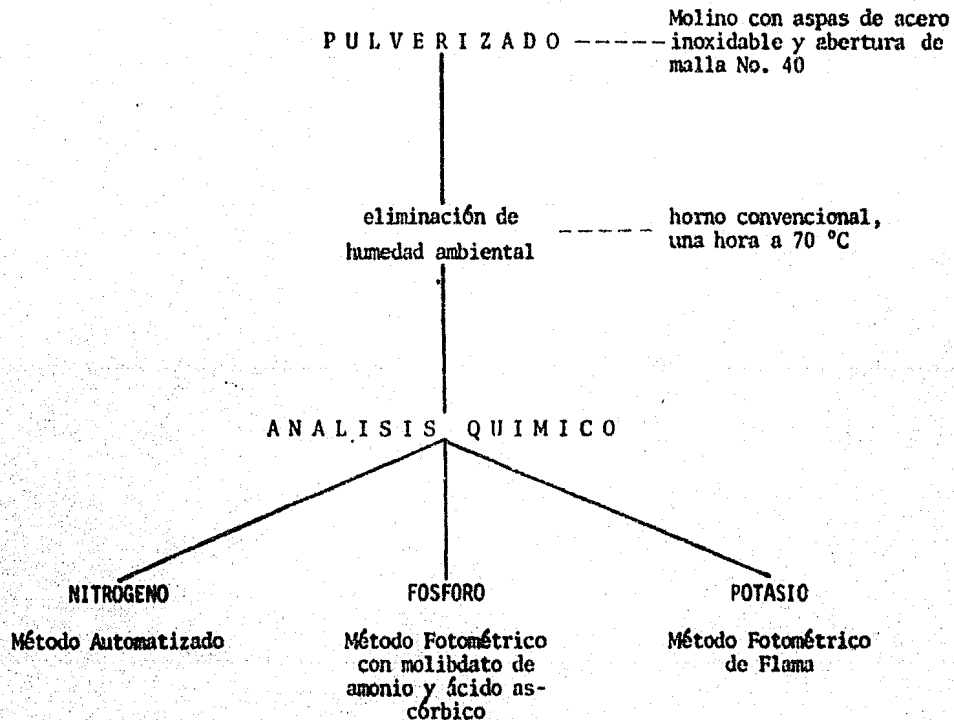


Diagrama 1. (continuación)



(ξ): Determinación del Porcentaje de Humedad

Diagrama 1. (continuación)



4. ANALISIS ESTADISTICO

El modelo experimental estadístico corresponde a un diseño de 2 factores fijos:

$$Y_{i} = \mu + \alpha_{H} + \beta_{C} + \lambda_{H.C} + \xi_{i}$$

donde: μ = media aritmética de la población

α_{H} = efecto debido al factor HORNOS

β_{C} = efecto debido al factor CITRICOS

$\lambda_{H.C}$ = interacción de los factores HORNOS por CITRICOS

ξ_{i} = error estadístico

El primer factor llamado HORNOS, tiene 4 niveles que son: 48 horas (horno convencional), 8, 10 y 12 minutos (horno de microondas).

El segundo factor denominado CITRICOS, también tiene 4 niveles que son: Lima, Limón, Mandarina y Naranja.

El tratamiento estadístico correspondiente a este modelo, es un Análisis de Varianza de 2 vías (Scheffler, 1981). Las hipótesis nulas asociadas para dicho análisis, son:

- 1) H_0 : no existen diferencias significativas en las medias aritméticas entre los niveles de los HORNOS

$$(H_0 = \mu_{\text{HORNO CONVENCIONAL}} = \mu_{\text{HORNO DE MICROONDAS}})$$

- 2) H_0 : no existen diferencias significativas en las medias aritméticas

ticas entre los niveles de los CITRICOS

$$(H_0 = \mu_{LIMA} = \mu_{LIMON} = \mu_{MANDARINA} = \mu_{NARANJA})$$

3) H_0 : no existe interacción entre los factores HORNOS por CITRICOS

El nivel de significancia probado fue de $P \leq 0.05$

La visualización de la respuesta conforme al factor HORNOS, se llevó a cabo mediante el diagrama de tallo-y-hoja en espejo. Este diagrama se define como "... un híbrido que combina los aspectos visuales del histograma, con la información numérica que proporciona una tabla de distribución de frecuencias" (Curts, 1986).

El diagrama de tallo-y-hoja tiene las siguientes características:

- a) muestra el rango de valores que los datos cubren,
- b) determina donde se concentran la mayoría de los datos,
- c) describe la simetría del conjunto de datos,
- d) identifica si existen "huecos" en la distribución de los datos,
- e) señala aquellos valores que claramente se desvían del conjunto de datos.

CAPITULO TRES

ANALISIS DE RESULTADOS

A los resultados obtenidos se les aplicó el Análisis de Varianza, manejándolos como un diseño factorial, de donde se establecieron las Tablas ANOVA (Scheffler, 1981), además se representaron esquemáticamente con diagramas de tallo-y-hoja en espejo (Curts, 1986).

La forma en que están reportados estos datos, es la siguiente:

En primer lugar, se encuentra la tabla de resultados tal y como se obtuvieron en el laboratorio, agrupados en bloques factoriales (Tablas 1, 4, 6 y 8).

En segundo lugar, continúa su respectiva Tabla ANOVA, que esquematiza únicamente los productos de las operaciones que llevaron a formar esta tabla durante el Análisis de Varianza, incluye las abreviaturas y/o notaciones siguientes:

- g. l. : grados de libertad,
- S C : suma de cuadrados,
- M C : media de cuadrados,
- F : distribución "F" de Fisher del Análisis de Varianza,
- N S : no existen diferencias significativas,
- * * : existen diferencias significativas,
- HORNOS : factor que incluye a los hornos convencional y de microondas; mediante la distribución "F", indica si existen diferencias significativas entre los 2 hornos,
- CITRICOS: factor que incluye a Lima Reyna, Limón Persa, Mandarina y Naranja Valencia; mediante la distribución "F", indica si existen diferencias significativas entre los 4 cítricos,

INTERACCION: mediante la distribución "F", indica si el horno empleado en el secado, produce efecto en los cítricos. (Tablas 2, 3, 5, 7 y 9).

Por último, sigue el correspondiente diagrama de tallo-y-hoja, en el cual se visualizan las respuestas del factor HORNOS (Diagramas 2, 3, 4 y 5).

El tallo del Diagrama 2, está formado con los números enteros de la Tabla 1; los décimos de cada uno de esos números, componen a las hojas en el intervalo [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

Los tallos de los Diagramas 3 y 5, están ordenados con los números enteros de sus correspondientes Tablas 4 y 8. Para el Diagrama 4, se seccionaron los datos de tal manera que los décimos y centésimos de la Tabla 6, formaron el tallo y las hojas respectivamente.

Las notaciones e intervalos para las hojas de dichos diagramas, son los siguientes:

* : [0, 1]

t : [2, 3]

f : [4, 5]

s : [6, 7]

• : [8, 9]

Porcentaje de Humedad

La Tabla 1 presenta los resultados del Porcentaje de Humedad de las muestras secadas con los dos hornos - el convencional y el de microondas- para los cuatro cítricos - Lima Reyna, Limón Persa, Mandarina y Naranja Valencia- con las 6 repeticiones realizadas en cada caso. En la columna del horno convencional, se encuentran las determinaciones de 24 y 48 horas a 105 y 70 °C respectivamente; la columna - del horno de microondas la forman los tiempos 8, 10 y 12 minutos. Todos estos porcentajes se compararon entre sí mediante el Análisis de Varianza.

En la Tabla ANOVA del Porcentaje de Humedad -Tabla 2- la $F=4.33$ para HORNOS, es significativa; ésta diferencia fue originada por quemaduras de las hojas al someterlas a 105 °C; notándose en la coloración café, como lo mencionan Bowen (1978), Darrah et al. (1977) y Jones (1983), "... las temperaturas superiores a 100 °C para análisis de tejidos vegetales, dañan a las muestras produciéndoles quemaduras o hasta carbonización, lo cual repercute en mayor pérdida de peso". Es por ésto, que dicha temperatura no se pudo usar para determinar el Porcentaje de Humedad.

En la misma Tabla 2, está marcada otra diferencia significativa para CITRICOS, atribuida igualmente a los 105 °C, que de acuerdo a los resultados de la Tabla 1, se notan superiores a los obtenidos en los demás tiempos.

Daído lo anterior, se hizo la comparación de 48 horas del horno convencional, con 8, 10 y 12 minutos del horno de microondas, resultando la Tabla 3 de ANOVA, que al nivel 0.01, los HORNOS, los CITRICOS y la INTERACCION entre ambos, no difieren significativamente, ya que las 4 especies tuvieron porcentajes de humedad muy semejantes.

En el Diagrama 2, se observa que la mayoría de los datos del Porcentaje de Humedad, están concentrados en el rango del 57 al 62 % para los 4 cítricos. El horno convencional tiene 4 datos altos fuera de este rango, éstos son: 63.4, 63.5, 67.0 y 67.9 %; el horno de microondas tiene sólo uno: 64.0 %; dichos datos indican una posible pérdida de tejido por quemaduras en las muestras, mismos que no produjeron diferencias significativas en el Análisis de Varianza de la Tabla 3.

Las muestras que están entre el 52.4 y 56.1 % para ambos hornos, nunca alcanzaron el rango de la mayoría, ésto puede deberse a una pérdida de humedad antes del pesado en fresco; sin embargo, del mismo modo que los datos altos, no influyeron en el Análisis de Varianza.

Tabla 1. Porcentaje de Humedad en muestras foliares de 4 cítricos secadas con los hornos convencional o de microondas.

	HORNO CONVENCIONAL		HORNO DE MICROONDAS		
	2 4 horas a	4 8 horas b	8 minutos c	1 0 minutos d	1 2 minutos e
LIMA	69.8	60.8	62.5	59.4	59.9
	62.0	61.7	57.9	58.8	61.5
	64.1	63.5	60.1	61.8	60.4
	62.8	60.6	57.7	61.3	61.2
	68.8	67.9	62.7	59.9	60.4
	61.3	63.4	59.2	61.8	59.6
LIMON	60.6	60.2	56.1	59.8	59.7
	60.3	58.4	59.1	60.3	58.5
	58.9	67.0	59.6	58.9	58.3
	63.1	58.5	55.8	57.7	58.5
	61.2	60.5	55.8	58.7	58.3
	60.8	60.0	58.6	59.6	61.9
MANDARINA	60.3	59.3	58.3	59.1	59.9
	59.2	59.8	59.7	60.0	60.1
	60.3	58.1	60.5	60.2	60.0
	60.4	60.7	58.5	60.6	60.5
	59.9	59.4	59.1	59.2	59.5
	59.5	60.0	60.6	60.4	60.0
NARANJA	53.5	59.6	59.4	61.3	55.2
	60.4	61.9	61.6	64.0	60.5
	59.7	53.7	58.5	58.0	59.6
	62.6	59.4	58.4	52.4	60.8
	60.0	59.9	55.5	58.8	59.0
	64.8	60.5	61.8	60.7	60.2

a: 105 °C hasta peso constante

b: 70 °C hasta peso constante

c: muestras parcialmente secas (antes de alcanzar peso constante)

d: muestras secas (a peso constante)

e: muestras secas (a peso constante)

Tabla 2. Tabla ANOVA para el Porcentaje de Humedad en muestras foliares de 4 cítricos secadas con los hornos convencional (24 y 48 horas) o de microondas (8, 10 y 12 minutos).

F u e n t e	g. l.	S C	M C	F	
HORNOS	4	82.90	20.72	4.33	* *
CITRICOS	3	112.21	37.40	7.81	* *
INTERACCION	12	70.08	5.84	1.22	N S
ERROR	100	478.32	4.78		
TOTAL	119	743.51			

Tabla 3. Tabla ANOVA para el Porcentaje de Humedad en muestras foliares de 4 cítricos secadas con los hornos convencional (48 horas) o de microondas (8, 10 y 12 minutos).

F u e n t e	g. l.	S C	M C	F	
HORNOS	3	6.18	2.06	0.50	N S
CITRICOS	3	29.32	9.77	2.36	N S
INTERACCION	9	59.56	6.62	1.60	N S
ERROR	80	330.12	4.12		
TOTAL	95	425.18			

Diagrama 2. Diagrama de tallo-y-hoja en espejo para el Porcentaje de Humedad en muestras foliares de 4 cítricos secadas con los hornos convencional (48 horas) o de microondas (8, 10 y 12 minutos).

Unidad = 0.1

1 2 representa 1.2 %

HORNO CONVENCIONAL		HORNO DE MICROONDAS
	52	4
7	53	
	54	
	55	2 5 8 8
	56	1
	57	7 7 9
5 4 1	58	0 3 3 3 4 5 5 5 5 6 7 8 8 9
9 8 6 4 4 3	59	0 1 1 1 2 2 4 4 5 6 6 6 6 7 7 8 9 9 9
8 7 6 5 5 2 0 0	60	0 0 0 1 1 2 2 3 4 4 4 5 5 5 6 6 7 8
9 7	61	2 3 3 5 6 8 8 8 9
	62	5 7
5 4	63	
	64	0
	65	
	66	
9 0	67	

Los resultados del Análisis Químico están incluidos en las Tablas 4, 6 y 8 para nitrógeno, fósforo y potasio totales respectivamente, expresados en porciento y con base en 1 gramo de materia seca. Los testigos de estas determinaciones forman la columna del horno convencional (48 horas a 70 °C), mismos que se compararon con aquéllos obtenidos de las muestras secadas a 8, 10 y 12 minutos en el horno de microondas.

Nitrógeno Total

Las concentraciones de nitrógeno total para hojas de cítricos con las mismas características como las que se emplearon en este trabajo, oscilan de 1.2 a 2.6 % (5 y 61). En la Tabla 4, está reportado este elemento, el cual abarca del 1.2 al 2.1 %, encontrándose en el intervalo ya establecido. Con el análisis estadístico, surge la Tabla ANOVA para las Concentraciones de Nitrógeno Total - Tabla 5- , en donde los resultados no difieren significativamente al nivel 0.05 para las hojas secadas con los 2 HORNOS; además, no hay diferencias significativas en la INTERACCION Hornos-Cítricos para el mismo nivel de significancia. En CITRICOS se obtuvo una $F=29.44$, realmente significativa al nivel 0.01 dado que cada frutal posee su contenido particular de nitrógeno; por lo tanto, Lima contenía de 1.4 a 2.1 %, Limón entre 1.2 y 1.5 %, Mandarina del 1.3 al 1.5 % y Naranja de 1.3 a 1.9 %.

El Diagrama 3 manifiesta los datos 1.4 y 1.5 % como los más repetitivos y el intervalo [1.2 a 1.9 %] del contenido de nitrógeno, - igual para las muestras secadas con ambos hornos. El único valor alto fue de 2.1 % para el horno de microondas - correspondiente a Lima- , indicando que este cítrico es el que alcanza los niveles más altos con respecto a los otros 3 de su género, que lo caracteriza por su gran desarrollo del árbol y de la fruta.

Tabla 4. Concentraciones de Nitrógeno Total (%) en muestras foliares de 4 cítricos secadas con los hornos convencional (48 horas) o de microondas (8, 10 y 12 minutos).

	HORNO CONVENCIONAL	HORNO DE MICROONDAS		
	TESTIGO a	8 minutos	10 minutos	12 minutos
LIMA	1 . 8	1 . 9	1 . 4	1 . 8
	1 . 7	1 . 8	1 . 6	1 . 7
	1 . 6	1 . 7	1 . 5	1 . 6
	1 . 9	1 . 4	1 . 6	1 . 6
	1 . 5	1 . 6	1 . 4	1 . 5
	1 . 7	1 . 5	2 . 1	1 . 5
LIMON	1 . 5	1 . 4	1 . 5	1 . 5
	1 . 4	1 . 4	1 . 5	1 . 3
	1 . 3	1 . 3	1 . 3	1 . 5
	1 . 4	1 . 4	1 . 4	1 . 3
	1 . 3	1 . 3	1 . 2	1 . 4
	1 . 4	1 . 3	1 . 4	1 . 5
MANDARINA	1 . 4	1 . 3	1 . 4	1 . 5
	1 . 4	1 . 4	1 . 4	1 . 4
	1 . 3	1 . 4	1 . 5	1 . 4
	1 . 5	1 . 3	1 . 5	1 . 5
	1 . 4	1 . 4	1 . 4	1 . 4
	1 . 4	1 . 5	1 . 4	1 . 4
NARANJA	1 . 9	1 . 7	1 . 6	1 . 6
	1 . 6	1 . 6	1 . 6	1 . 6
	1 . 6	1 . 5	1 . 6	1 . 5
	1 . 5	1 . 7	1 . 5	1 . 5
	1 . 5	1 . 6	1 . 7	1 . 7
	1 . 6	1 . 6	1 . 6	1 . 5

a : 70 °C durante 48 horas

Tabla 5. Tabla ANOVA para las Concentraciones de Nitrógeno Total en muestras foliares de 4 cítricos secadas con los hornos convencional (48 horas) o de microondas (8, 10 y 12 minutos).

F u e n t e	g. l.	S C	M C	F	
HORNOS	3	0.00865	0.00288	0.20	N S
CITRICOS	3	1.22000	0.40000	29.44	* *
INTERACCION	9	0.06100	0.00677	0.48	N S
ERROR	80	1.10000	0.01000		
TOTAL	95	2.38965			

Fósforo Total

Las Concentraciones de Fósforo Total de la Tabla 6, fluctúan del 0.07 al 0.13 %, quedando englobadas en rango óptimo para cítricos, de 0.07 a 0.20 % (5 y 61). En la Tabla ANOVA para este elemento - Tabla 7 -, no se encontraron diferencias significativas para el factor HORNOS dado que se obtuvieron generalmente los mismos contenidos en las muestras secadas tanto con el convencional como con el de microondas, lo cual también excluye diferencias en la INTERACCION Hornos-Cítricos.

En los CITRICOS resalta una gran diferencia significativa, que - al igual para nitrógeno, ésta es debida al contenido individual de fósforo en cada frutal.

Mediante el Diagrama 4 de tallo-y-hoja para las Concentraciones de Fósforo Total, se observa la mayor agrupación de datos en el intervalo [0.10 - 0.11 %] para los 2 hornos; las muestras secadas con el horno de microondas, también cubren gran parte del intervalo [0.12 - 0.13 %] con mayor frecuencia que el testigo; sin embargo, al no haber significancia en la INTERACCION, ni en los HORNOS, se confirma que el horno convencional no produjo efecto en las concentraciones de fósforo total para ningún cítrico, y menos el horno de microondas.

Tabla 6. Concentraciones de Fósforo Total (%) en muestras foliares de 4 cítricos secadas con los hornos convencional (48 horas) o de microondas (8, 10 y 12 minutos).

	HORNO CONVENCIONAL	HORNO DE MICROONDAS		
	TESTIGO <i>a</i>	8 minutos	10 minutos	12 minutos
LIMA	0 . 1 3 0 . 1 1 0 . 1 1 0 . 1 1 0 . 1 1 0 . 1 1	0 . 1 2 0 . 1 0 0 . 1 2 0 . 1 3 0 . 1 0 0 . 1 2	0 . 1 2 0 . 1 2 0 . 1 2 0 . 1 1 0 . 1 2 0 . 1 1	0 . 1 2 0 . 1 2 0 . 1 0 0 . 1 1 0 . 1 1 0 . 1 0
LIMON	0 . 1 2 0 . 1 1 0 . 1 2 0 . 1 0 0 . 1 1 0 . 1 1	0 . 1 2 0 . 1 3 0 . 1 0 0 . 1 2 0 . 1 3 0 . 1 0	0 . 1 1 0 . 1 1 0 . 1 0 0 . 1 3 0 . 1 3 0 . 1 3	0 . 1 1 0 . 1 2 0 . 1 0 0 . 1 3 0 . 1 0 0 . 1 1
MANDARINA	0 . 0 7 0 . 1 0 0 . 0 7 0 . 1 0 0 . 0 9 0 . 1 0	0 . 0 7 0 . 1 0 0 . 0 9 0 . 0 8 0 . 1 0 0 . 1 0	0 . 0 7 0 . 0 9 0 . 1 0 0 . 0 9 0 . 1 0 0 . 0 9	0 . 0 7 0 . 1 0 0 . 0 9 0 . 1 0 0 . 0 9 0 . 0 9
NARANJA	0 . 1 1 0 . 1 3 0 . 0 9 0 . 0 8 0 . 1 0 0 . 1 1	0 . 1 2 0 . 1 2 0 . 1 1 0 . 1 0 0 . 0 9 0 . 1 2	0 . 1 3 0 . 1 3 0 . 1 0 0 . 0 8 0 . 0 8 0 . 1 0	0 . 1 2 0 . 1 2 0 . 1 0 0 . 1 0 0 . 1 0 0 . 1 2

a : 70 °C durante 48 horas

Tabla 7. Tabla ANOVA para las Concentraciones de Fósforo Total en muestras foliares de 4 cítricos secadas con los hornos convencional (48 horas) o de microondas (8, 10 y 12 minutos).

F u e n t e	g. l.	S C	M C	F	
HORNOS	3	0.00020	0.00006	0.40	N S
CITRICOS	3	0.00970	0.00320	19.82	* *
INTERACCION	9	0.00050	0.00005	0.33	N S
ERROR	80	0.01300	0.00016		
TOTAL	95	0.02340			

Potasio Total

De la misma manera que para nitrógeno y fósforo, las Concentraciones de Potasio Total en los 4 cítricos - Tabla 8- , estuvieron dentro del rango normal reportado bibliográficamente, de 0.3 a 2.3 % (5 y 61). Lima mostró el contenido más alto - 1.3 a 2.2 %- que las otras 3 especies, que en conjunto van de 0.5 a 1.2 % para este elemento, demostrando que dicho frutal alcanza los niveles más superiores del rango.

En la Tabla 9, el factor HORNOS y la INTERACCION, no tienen diferencias significativas al nivel 0.05; para CITRICOS se obtuvo una "F" muy significativa, debida a las elevadas concentraciones de Lima, mismas que también alargaron el tallo del Diagrama 5, en donde se notan 2 conjuntos de datos en ambos hornos; el más pequeño representa a Lima Reyna con su contenido medio de potasio, localizándose este conjunto un poco alejado del más voluminoso correspondiente a Limón Persa, Mandarina y Naranja Valencia, en el cual los testigos secados con el horno convencional, tienden a agruparse más en el intervalo [0.8 - 0.9 %] que en el [1.0 - 1.1 %] como sucede con el horno de microondas; sin embargo, ésto no influyó en el Análisis de Varianza de la Tabla 9, ya que los HORNOS no mostraron diferencias significativas.

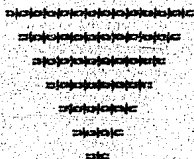


Tabla 8. Concentraciones de Potasio Total (%) en muestras foliares de 4 cítricos secadas con los hornos convencional (48 horas) o de microondas (8, 10 y 12 minutos).

	HORNO CONVENCIONAL	HORNO DE MICROONDAS		
	TESTIGO a	8 minutos	10 minutos	12 minutos
LIMA	2 . 1	2 . 2	1 . 8	2 . 0
	1 . 8	1 . 7	1 . 4	2 . 1
	1 . 9	1 . 8	1 . 7	1 . 3
	1 . 8	1 . 4	1 . 8	1 . 8
	1 . 9	2 . 2	1 . 8	1 . 8
	2 . 0	1 . 5	1 . 8	1 . 7
LIMON	0 . 9	0 . 6	1 . 0	1 . 1
	0 . 7	1 . 0	1 . 1	0 . 7
	0 . 9	1 . 0	0 . 9	0 . 8
	0 . 9	0 . 7	0 . 8	0 . 8
	0 . 9	1 . 0	1 . 1	0 . 8
	0 . 7	1 . 2	1 . 0	0 . 9
MANDARINA	0 . 6	0 . 6	0 . 6	0 . 7
	0 . 8	0 . 9	1 . 1	1 . 0
	0 . 9	1 . 0	1 . 0	1 . 0
	0 . 9	1 . 0	0 . 9	1 . 0
	0 . 9	0 . 9	0 . 9	0 . 8
	1 . 1	1 . 0	1 . 0	1 . 1
NARANJA	0 . 7	1 . 1	1 . 0	1 . 0
	1 . 0	1 . 0	1 . 1	1 . 0
	0 . 8	1 . 0	0 . 9	1 . 0
	0 . 5	0 . 8	0 . 9	1 . 0
	0 . 5	0 . 8	0 . 8	1 . 1
	0 . 8	0 . 9	0 . 9	1 . 1

a : 70 °C durante 48 horas

Tabla 9. Tabla ANOVA para las Concentraciones de Potasio Total en muestras foliares de 4 cítricos secadas con los hornos convencional (48 horas) o de microondas (8, 10 y 12 minutos).

F u e n t e	g. l.	S C	M C	F	
HORNOS	3	0.17	0.055	1.91	N S
CITRICOS	3	8.90	2.957	101.64	* *
INTERACCION	9	0.51	0.057	1.98	N S
ERROR	80	2.32	0.030		
TOTAL	95	11.90			

Diagrama 5. Diagrama de tallo-y-hoja en espejo para las Concentraciones de Potasio Total (%) en muestras foliares de 4 cítricos secadas con los hornos convencional (48 horas) o de microondas (8, 10 y 12 minutos).

Unidad = 0.1

1 2 representa 1.2 %

HORNO CONVENCIONAL		HORNO DE MICROONDAS
55	0 f	
7776	0 s	666777
9999998888	0 *	888888889999999999
10	1 *	00000000000000000000111111111
	1 t	23
	1 f	445
	1 s	777
9988	1 *	8888888
10	2 *	01
	2 t	22

CAPITULO CUATRO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

-El método de secado con el horno de microondas, no afecta las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio totales en hojas de Lima Reyna, Limón Persa, Mandarina y Naranja Valencia, ya que de acuerdo al Análisis Estadístico aplicado, los resultados obtenidos por este método (N: 1.2-2.1%; P: 0.07-0.13%; K: 0.6-2.2%) no presentan diferencias significativas con respecto a los encontrados con el horno convencional (N: 1.3-1.9%; P: 0.07-0.13%; K: 0.5-2.1%). Esta conclusión concuerda con las reportadas por: Carlier y van Hee (1971), Stephenson y Gaines (1975), Becwar *et al.* (1977), Darrah *et al.* (1977), Kaldy *et al.* (1979), Smith (1980), Smith y Gaines (1980), Schuman y Rauzi (1981), Karn y Lorenz (1982), Tiedemann *et al.* (1984) y Daines e Ingpen (1985).

-El tiempo mínimo de secado con el horno de microondas, fue de 8 minutos para los 4 cítricos estudiados, tiempo equivalente a 48 horas con el horno convencional a 70°C; de este modo, el horno de microondas representa una buena alternativa para secar muestras foliares de cítricos en el análisis de N-P-K, ya que ahorra hasta un 99% el tiempo de secado.

-La temperatura de 105 °C durante 24 horas, dañó a las hojas de los cítricos, como lo reportan Darrah *et al.* (1977), Bowen (1978) y Jones (1983), lo cual repercutió en su pérdida de peso, indicando un mayor contenido de humedad con respecto a aquéllas sometidas a 70°C y 8, 10 y 12 minutos de microondas; por lo tanto, se recomienda determinar el porcentaje de humedad a la temperatura de 70°C (hasta peso constante) con un horno convencional, o si se dispone del

horno de microondas con 1050 watts, basta con 8 minutos de exposición siguiendo el procedimiento como se menciona en el Capítulo de Metodología.

-Sería conveniente realizar una investigación complementaria al presente estudio, sólo que enfocada a otros elementos, en especial metales.

-Para usar el horno de microondas en el secado de muestras vegetales, se recomienda calibrarlo antes haciendo pruebas preliminares, para evitar la combustión de ellas, causada por un sobrecalentamiento, ya que todos los hornos de microondas que se fabrican, no son de la misma potencia de salida como el que se empleó en este estudio. Asimismo, también es necesario atender las instrucciones de manufactura; es indispensable cuidar el no introducir objetos metálicos ni termómetros de mercurio porque deterioran al horno, en especial el magnetrón.

BIBLIOGRAFIA

1. Agricultural Experiment Station, Kansas State University, Manhattan, 1976. Sampling and analysis of soils, plants, waste waters, and sludge. Suggested standardization and methodology. Research Publication 170, North Central Regional Publication 230, 20 p.
2. Allen, S. E., H. M. Grimshaw, J. A. Parkinson y C. Quarmby, 1974. Ecological materials. John Wiley & Sons, New York, U.S.A., 565 p.
3. Alvarez L., M. E., 1970. Estudio preliminar para el uso del análisis foliar en el cultivo del maíz. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, Universidad de Nuevo León, Monterrey, N. L.
4. Ang, T. K., J. D. Ford y D. C. T. Pei, 1978. Optimal modes of operation for microwave freeze drying of food. Journal of Food Science, 43 (2): 648-649.
5. Ankerman, D. y R. Large, 1960. Soil and plant analysis. A & L Agricultural Laboratories, Inc., New York, U.S.A., 82 p.
6. A. O. A. C., 1980. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemist's. Association of Official Analytical Chemist's, Inc., Arlington, Vg., U.S.A., pp. 31-55.

7. Ashby, D. L., 1969. Washing techniques for the removal of nutrient element deposits from the surface of apple, cherry and peach leaves. *Journal of Amer. Soc. Hort. Sci.*, 94: 266-268.
8. Barbano, D. M. y M. E. Della Valle, 1984. Microwave drying to determine the solids content of milk and cottage and cheddar chesse. *Journal of Food Protection*, 47(4): 272-278.
9. Becwar, M. R., N. S. Mansour y G. W. Varseveld, 1977. Microwave drying: a rapid method for determining sweet corn moisture. *Hort-Science*, 12(6): 562-563.
10. Bertoni, G. y P. Morard, 1982. Blade or petiole analysis as a guide for grape nutrition. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 13(8): 593-605.
11. Bowen, J. E., 1978. Plant tissue analysis: costly errors to avoid. *Crops and Soils Magazine*, 31(3): 6-11.
12. Bradfield, E. G., 1977. Extraction of calcium fractions from plant material. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 8(7): 563-572.
13. Brygidyr, A. M., M. A. Rzepecka y M. B. McConnell, 1977. Characterization and drying of tomato paste foam by hot air and microwave energy. *Journal of Inst. Can. Sci. Technol. Aliment.*, 10(4): 313-314.

14. Campbell, H. W. y P. J. Crescuolo, 1982. Evaluation of microwave drying for rapid solids analyses. *Environ. Technol. Letters*, 3 (7): 289-296.
15. Carlier, L. A. y L. P. van Hee, 1971. Microwave drying of lucerne and samples. *Journal of Sci. Fd. Agr.*, 22 (72): 306-307.
16. Carter, J. L., T. K. Ishii y D. A. Fleischfresser, 1976. Microwave oven for improved biological solids determination. *Journal of Microwave Power*, 11 (2): 117-125.
17. Chapman, H. D., 1961. The status of present criteria for the diagnosis of nutrient conditions in citrus. In: Walter Reuther (Ed.) *Plant Analysis and Fertilizer Problems*. Amer. Inst. Biol. Sci., (8): 75-106.
18. -----, 1966. Diagnostic criteria for plants and soils. *Bulletin University of California, Division of Agricultural Sciences, Berkeley, Cal.*, pp. 484-499.
19. ----- y P. F. Pratt, 1981. *Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas*. Trad. A. Contín. Trillas, México, D. F., 195 p.
20. Curts-García, J., 1985 / 1986. El diagrama de tallo y hoja. *Biología*, 15(1-4): 7-12.

21. Daines, T. y R. A. Ingpen, 1985. Use of the microwave oven for drying herbage samples in the field. *S. Afr. J. Plant Soil*, 2(2): 107-108.
22. Darrah, C. H., III, D. J. Van Soest y G. W. Fick, 1977. Microwave treatment and heat damage artifacts in forages. *Agronomy Journal*, 69: 120-121.
23. Davis, A. B. y C. S. Lai, 1984. Microwave utilization in the rapid determination of flour moisture. *Cereal Chemistry*, 61(1): 1-4.
24. Devitt, D., W. M. Jarrell y K. L. Stevens, 1981. Sodium-potassium ratios in soil solution and plant response under saline conditions. *Journal of Soil Sci. Soc. Am.*, 45: 80-86.
25. Devlin, R. M., 1980. *Fisiología vegetal*. Omega. Barcelona, Esp., 517 p.
26. Elwali, A. M. O. y G. J. Gascho, 1984. Soil testing, foliar analysis, and DRIS as guides for sugarcane fertilization. *Agronomy Journal*, 76: 466-470.
27. Embleton, T. W. y W. W. Jones, 1964. Leaf analysis-- a tool for determining the nutrient status of citrus. *Proc. Soc. Soil Plant Diagnosticians*, 1: 160-169.

28. -----, -----, C. K. Labanauskas y C. B. Cree, 1963. Interrelations of leaf sampling methods and nutritional status of orange trees and their influence on the macro- and micronutrient concentrations in orange leaves. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 82: 131-141.
29. Etchevers, J. D., J. T. Moraghan e I. R. Chowdhury, 1978. Analysis of sugarbeet petioles for phosphorus. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 9(9): 905-914.
30. Gee, G. W. y M. E. Dodson, 1981. Soil water content by microwave drying: a rapid routine procedure. Journal of Soil Sci. Soc. Am., 45: 1234-1237.
31. Guanos y Fertilizantes de México, S. A., 1973. Análisis químicos de suelos y plantas con fines de diagnóstico de necesidades de fertilizantes. GUANOMEX, 43 p.
32. Isaac, R. A., 1980. Atomic absorption methods for analysis of soil extracts and plant tissue digests. Journal of the AOAC, 63(4): 788-796.
33. ----- y J. B. Jones, Jr. 1972. Effects of various dry ashing temperatures on the determination of 13 nutrient elements in five plant tissues. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 3(3): 261-269.

34. ----- y W. C. Johnson, 1975. Collaborative study of wet and dry ashing techniques for the elemental analysis of plant tissue by atomic absorption spectrophotometry. *Journal of the AOAC*, 58(3): 436-440.
35. Jaime-Palacios, S., A. Aguilar-Villalvilla y E. Esteban-Velasco, 1978. Estudio previo sobre la nutrición del aguacate por análisis foliar. In: *Anales de Edafología y Agrobiología*. Cons. Sup. Invs. Cient., XXXVII (9-10): 863-869.
36. Jain, R. K., V. K. Garg y S. D. Khanduja, 1981. Macronutrient element composition of leaves from some ornamental shrubs grown on normal and alkali soils. *Journal of Horticultural Science*, 56 (2): 169-171.
37. Jones, J. R., Jr. 1969. Elemental analyses of plant leaf tissues by several laboratories. *Journal of the AOAC*, 52 (5): 900-903.
38. -----, 1975. Collaborative study of the elemental analysis of plant tissue by direct reading emission spectroscopy. *Journal of the AOAC*, 58 (4): 764-769.
39. -----, 1983. Análisis de los tejidos de las plantas para micronutrientes. In: A.G.T. (Ed.) *Micronutrientes en Agricultura*. Soil Sci. Soc. Am., Inc., 1972: 349-378.

40. Kaldy, M. S., M. R. Hanna y S. Smoliak, 1979. Influence of drying methods on protein content and amino acid composition of three forage legumes. *Can. J. Plant Sci.*, 59: 707-712.
41. Kamoi, I., S. Kikuchi, S. Matsumoto y T. Obara, 1981. Studies on dehydration of welsh onion (*Allium fistulosum* L.) and carrot (*Daucus carota* L. var. *sativa* D. C.) by microwave. *Agr. Sci. Tokio Nogyo Daigaku*, pp. 150-168.
42. Kamprath, E. J. y M. E. Watson, 1980. Conventional soil and tissue test for assessing the phosphorus status of soils. In: F. E. Khawneh, E. C. Sample y E. J. Kamprath (Eds.) *The Role of Phosphorus in Agriculture*. Amer. Soc. Agr., pp. 433-469.
43. Karn, J. F. y R. J. Lorenz, 1982. Microwave drying of esophageal fistula diet samples. In: Anim. Sci. (Ed.) *Journal of Animal Science*. 55th Annual Meeting of the American Society of Animal Science and Canadian Society of Animal Science, Aug. 8 - 11, 1982: 314.
44. Kenworthy, A. L., 1961. Interpreting the balance of nutrient element in leaves of fruit trees. In: Walter Reuther (Ed.) *Plant Analysis and Fertilizer Problems*. Amer. Inst. Biol. Sci., (8): 28-43.
45. Kluthcouski, J. y L. E. Nelson, 1979. Variations in the manganese concentrations in soybean trifoliolates. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 10 (10): 1299-1310.

46. Kubota, K., H. Araki, M. Nagai, H. Kintou, K. Suzuki y M. Esaka, 1983. Overall drying-rate equations on the drying of potato by the microwave energy and bored one by heated flowing air. *Journal of Fac. Appl. Biol. Sci.*, 22: 153-163.
47. Labanauskas, C. K., 1966. Effects of orange leaf washing techniques on removal of surface contaminants and nutrient losses. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 89: 201-205.
48. Lade, P. V. y H. Nejadi, 1976. Soil drying by microwave oven. In: A. S.T.M. (Ed.) *Soil Specimen Preparation for Laboratory Testing*. 78th Annual Meeting ASIM STP 599, Jun. 22-27, 1975: 320-340.
49. Lee, J. W. S. y S. D. Latham, 1976. Rapid moisture determination by a commercial type microwave oven technique. *Journal of Food Science*, 41 (6): 1487.
50. Leonhardt, G. F., A. M. F. Gomes, W. Borzani y M. Torloni, 1978. Microwave drying of microorganisms. II. The use of microwave oven for the determination of moisture content of pressed yeast. *Journal of Microwave Power*, 13(3): 235-237.
51. Letzsch, W. S. y M. E. Sumner, 1983. Computer program for calculating DRIS indices. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 14(9): 811-815.

52. Lorenz, O. A. y K. B. Tyler, 1977. Plant tissue analysis of vegetable crops. Bulletin University of California, Division of Agricultural Sciences, Berkeley, Cal., pp. 21-24.
53. Mazuelos-Vela, C., J. Prieto-Alcántara, J. Liñán-Benjumea y E. Esteban-Velasco, 1979. Evolución de los equilibrios fisiológicos y sus relaciones con el metabolismo de macro y micronutrientes en cultivos de olivar. In: *Anales de Edafología y Agrobiología*. Cons. Sup. Invs. Cient., XXXVIII(5-6): 1089-1097.
54. Melsted, S. W., H. L. Motto y T. R. Peck, 1969. Critical plants nutrients composition values useful in the interpreting of plant analysis data. *Agronomy Journal*, 61: 17-20.
55. Meyer, J. H., 1975. Advances in the interpretation of foliar analysis of sugarcane in the South African Sugar Industry. *Proc. of The South African Sugar Technologists' Association*, 49: 129-136.
56. -----, 1981. An evaluation of DRIS based on leaf analysis for sugarcane in South Africa. *Proc. of The South African Sugar Technologists' Association*, (55): 169-176.
57. Mitchell, H. L., 1972. Microdetermination of nitrogen in plant tissues. *Journal of the AOAC*, 55(1): 1-3.
58. Miyai, Y., 1978. A new microwave moisture meter for grains. *Journal of Microwave Power*, 13(2): 163-166.

59. Nelson, D. W. y L. E. Sommers, 1980. Total nitrogen analysis of soils and plant tissues. *Journal of the AOAC*, 63 (4): 770-778.
60. Nonaka, T., 1980. Plant tissues analysis. Hawaii University, Cooperative Extension Service. Miscellaneous Publication, (177): 13-16.
61. Orozco R., J., 1979. Estudio sobre las relaciones entre la fertilización con N-P-K, el análisis foliar, la producción y calidad en limón mexicano (*Citrus aurantiifolia* Swingle). Tesis de M. en C., Colegio de Posgraduados, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, Méx.
62. Ortiz-Villanueva, B. y C. A. Ortiz-Solorio, 1984. Edafología. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx., 374 p.
63. Peck, T. R., W. H. Walker y L. V. Boone, 1969. Relationship between corn (*Zea mays* L.) yield and leaf levels of 10 elements. *Agronomy Journal*, 61: 299-301.
64. Peterson, B. T., J. A. Brooks y A. G. Zack, 1982. Use of microwave oven for determination of postmortem water volume of lungs. *Journal of Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, 52 (6): 1661-1663.
65. Prasad, M. y M. Spiers, 1978. Comparative study of ashing techniques for the digestion of horticultural plant samples. *Journal of Agr. Food Chem.*, 26 (4): 824-827.

66. Rebelo, M. C. y M. A. C. Fragoso, 1976. Interferência da sulfatagem cúprica ná análise foliar do cafeeiro. Garcia de Orta, Sér. Est. Agron., 3 (1-2): 35-36.
67. Richards, L. A. (Ed.), 1977. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Trads. N. Sánchez-Durón *et al.* Limusa, México, D. F., 172 p.
68. Rodney, D. R., R. B. Harding, S. B. Boswell y F. L. Whiting, 1965. Relation of chemical composition of leaves and roots to decline and collapse of California lemon trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 68: 234-244.
69. Rojas-Garcidueñas, M., 1980. Fisiología vegetal aplicada. McGraw-Hill México, D. F., 262 p.
70. Rzepecka-Stuchly, M. A., 1976. Microwave energy in foam-mat dehydration process. Journal of Microwave Power, 11 (3): 255-266.
71. Sahrawat, K. L., 1980. A rapid nondigestion method for determination of potassium in plant tissue. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 11 (7): 753-757.
72. Scheffler, W. C., 1981. Bioestadística. Trads. C. Prado y J. Martínez. Fondo Educativo Interamericano, Nueva York, E. U. A., 267 p.

73. Schulte, E. E. y C. R. Simson, 1981. Sampling for plant analysis: a diagnostic tool. University of Wisconsin-Extension, Cooperative Extension Programs, A2289: 6 p.
74. Schuman, G. E. y F. Rauzi, 1981. Microwave drying of rangeland forage samples. *Journal of Range Management*, 34(5): 426-428.
75. Smith, M. W., 1980. Neoteric method for drying plant tissue. *HortScience*, 15(3): 275.
76. ----- y J. B. Storey, 1976. The influence of washing procedures on surface removal and leaching of certain elements from pecan leaflets. *HortScience*, 11(1): 50-52.
77. ----- y T. P. Gaines, 1980. Microwave drying of nursery leaf samples for elemental analysis. *HortScience* 15(5): 614.
78. Smith, P. F., 1962. Mineral analysis of plant tissue. *Annu. Rev. of Plant Physiol.*, 13: 81-108.
79. Smith, V. R., 1980. A phenol-hypochlorite manual determination of ammonium--nitrogen in kjeldahl digests of plant tissue. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 11(7): 709-722.

80. Stephenson, M. G. y T. P. Gaines, 1975. Microwave drying as a rapid means of sample preparation. *Tobacco Science*, XIX : 49.
81. Swaminathan, K., K. C. Sud y B. C. Verma, 1981. A rapid single-step digestion procedure for the determination of N, P, K, Ca, and Mg in leaf tissues. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 12(4): 373-382.
82. Takahashi, Y., A. Nagai, N. Suga y J. Chiba, 1978. Measurement of total milk solids by microwave heating. *Journal of Microwave Power*, 13 (2): 167-171.
83. Thien, S. J., D. A. Whitney y D. L. Karlen, 1978. Effect of microwave radiation drying on soils chemicals and mineralogical analysis. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 9 (3): 231-241.
84. Thomas, W., 1945. Present status of diagnosis of mineral requirement of plants by means of leaf analysis. *Soil Science*, 59: 353-374.
85. Tiedemann, A. R., E. D. McArthur y C. F. Lopez, 1984. Carbohydrate and nitrogen concentrations in leaves of 3 shrubs species following microwave, autoclave, and air-drying treatments. *Forest Science*, 30 (1): 113-116.
86. Tyler, K. B., 1975. Tissue analysis for vegetable crops. *Proc. Cal. Fert. Sci.*, 23d: 1-5.

87. Ulrich, A., 1952. Physiological bases for assessing the nutritional requirements of plants. *Annu. Rev. of Plant Physiol.*, 3: 207-228.
88. -----, 1961. Plant analysis in sugar beet nutrition. In: Walter Reuther (Ed.) *Plant Analysis and Fertilizer Problems*. Amer. Inst. Biol. Sci., (8): 190-211.
89. Walker, R. R., F. Törökfalvy, A. M. Grieve y L. D. Prior, 1983. Water relations and ion concentrations of leaves on salt-stressed citrus plants. *Aust. J. Plant Physiol.*, 10 (3): 265-277.
90. Watson, M. E., 1981. Interlaboratory comparison in the determination of nutrients concentrations of plant tissue. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 12 (6): 601-617.
91. Wolf, B., 1982. A comprehensive system of leaf analyses and its use for diagnosing crops nutrients status. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 13 (12): 1035-1059.
92. Worley, R. E., 1969. Pecan leaf analysis. *Service Summary 1967*. University of Georgia, Exp. Sta. Res., Rep. 55, 26 p.

A P E N D I C E

Determinación de NITROGENO TOTAL (Método Automatizado)

Fundamento

La determinación del nitrógeno total, se basa en 3 etapas:

Digestión

Destilación

Titulación

Digestión: el calentamiento de la muestra en ácido sulfúrico concentrado, convierte el nitrógeno orgánico e inorgánico que ésta contiene, a sulfato de amonio. La adición de una sal (como sulfato de potasio), aumenta el punto de ebullición del ácido sulfúrico; y un catalizador (como selenio), permite acortar el tiempo de la digestión.

Destilación: se lleva a cabo en medio alcalino, destilando el amonio en una solución de ácido bórico.

Titulación: el amonio se titula con ácido clorhídrico valorado, utilizando un indicador adecuado, para calcular el contenido de nitrógeno total.

Equipo

- Balanza analítica (Mettler AE 160)
- Kjeltec Auto-Analyzer 1030
- Digester 1015
- Trampa de vapores (bomba recirculadora Arriaga, de 1 HP)

Reactivos

- Kjeltabs
- Acido sulfúrico concentrado
- Hidróxido de sodio al 4 %
- Hidróxido de sodio al 5 %
- Hidróxido de sodio al 35-40%
- Acido bórico al 1 %
- Verde de bromocresol al 0.1 % en metanol
- Rojo de metilo al 0.1 % en metanol
- Acido clorhídrico 0.1 M
- Sulfato de potasio al 0.05 %

Procedimiento

- 1.- colocar 1 gramo de muestra en un tubo de digestión,
- 2.- agregar 18 mililitros de ácido sulfúrico concentrado y 2 kjeltabs,
- 3.- digerir durante 45 minutos; neutralizar los vapores con el hidróxido de sodio al 5 % en la trampa de vapores,
- 4.- dejar enfriar,
- 5.- adicionar al tubo 50 mililitros de agua destilada,
- 6.- hacer la determinación con el Auto-Analyzer, siguiendo las instrucciones de operación. Para cada grupo de muestras preparar un blanco.

Preparación del extracto para la determinación de fósforo y potasio en tejido foliar

Equipo

- Balanza analítica (Mettler AE 160)
- Mufla (horno de laboratorio Sola Basic Lindberg, tipo 51848 CTD)
- Parrilla de calentamiento (Hot Plate Thermolyne, tipo 2200)

Reactivo

- Acido clorhídrico 1 + 3

Procedimiento

- 1.- colocar 1 gramo de muestra en un crisol de porcelana,
- 2.- incinerar en la mufla entre 500 y 600 °C por espacio de 2 a 4 horas, hasta que todo el material carbonáceo haya sido removido (no exceder de 600 °C); debe comenzarse con la mufla fría,
- 3.- dejar enfriar,
- 4.- añadir 25 mililitros de ácido clorhídrico 1 + 3,
- 5.- calentar el crisol en la parrilla hasta que el volumen haya bajado a la mitad (no hervir),
- 6.- dejar enfriar,
- 7.- transferir el concentrado a un matraz aforado de 100 ml, usando un embudo, un agitador de vidrio y una piceta,
- 8.- aforar hasta la marca y agitar perfectamente,
- 9.- pasar la solución a través de un papel filtro Whatman No. 2, a un recipiente adecuado para su conservación y almacenamiento.

Determinación de FOSFORO TOTAL

(Método fotométrico del molibdato de amonio y ácido ascórbico)

Fundamento

Este método se basa en la reacción de los iones ortofosfatos y molibdatos en un medio ácido, para formar el ácido fosfomolibdico, el cual mediante una reducción selectiva con ácido ascórbico, produce un color azul. La intensidad del color es proporcional a la cantidad de fosfato incorporado inicialmente en el heteropoliácido.

Equipo

- Espectrofotómetro (Spectronic 20, Bausch & Lomb)

Reactivos

- Acido sulfúrico 10 N
- Tartrato de antimonio y potasio al 0.5 %
- Solución de molibdato de amonio

Disolver 20 gramos de molibdato de amonio con 300 mililitros de agua desmineralizada en un matraz aforado de 1 litro; para enjuagar el matraz y terminar de disolver el polvo, agregar otros 100 mililitros de agua desmineralizada; adicionar lentamente 450 mililitros de ácido sulfúrico 10 N y 100 mililitros de tartrato de antimonio y potasio al 0.5 %; completar el volumen con agua desmineralizada; mezclar perfectamente y guardar en frasco color ámbar.

- Solución desarrolladora de color

Pesar 1.5 gramos de ácido ascórbico y transferirlo a un matraz

volumétrico de 100 ml, donde se disuelve y afora con la solución de molibdato de amonio. Conservar fuera de la luz. Esta solución caduca a las 8 horas después de preparada. Todos los reactivos anteriores deben ser libres de fósforo.

Procedimiento

- 1.- tomar 1 mililitro de extracto del tejido foliar y vertirlo en un matraz volumétrico de 50 ml,
- 2.- añadir 1.2 mililitros de ácido sulfúrico 10 N,
- 3.- agregar 5 mililitros de solución desarrolladora de color,
- 4.- completar el volumen con agua desmineralizada,
- 5.- esperar una hora para desarrollar color,
- 6.- leer en el espectrofotómetro a 650 nm. Para cada grupo de muestras preparar un blanco.

Se debe preparar antes de hacer la determinación de fósforo, una curva de concentraciones conocidas (ppm de fósforo contra absorbancia) en el rango más adecuado.

Nota: Toda la cristalería que se emplea en la preparación, acenización, almacenamiento y determinación de color en el tejido foliar, debe ser lavada con una solución de ácido nítrico al 10 %, para eliminar la interferencia del fósforo que contiene el detergente con que se lava dicha cristalería.

Determinación de POTASIO TOTAL (Método fotométrico de flama)

Fundamento

En el fotómetro de flama, pueden determinarse cuantitativamente ciertos iones metálicos, cuando se atomizan de la solución, se conducen a un quemador y se excitan en una flama, para que produzcan una emisión espectral. Puesto que la densidad de la luz emitida por cada elemento depende principalmente de la concentración de sus átomos en la flama, la medición de la intensidad lumínica producida por un elemento determinado hace posible la cuantificación de dicho elemento.

Equipo

— Fotómetro de flama (Flamómetro Corning 400)

Procedimiento

Leer directamente del extracto en el flamómetro. En caso de estar el extracto muy concentrado (se nota cuando la aguja del aparato sobrepasa el rango marcado de su capacidad), es necesario hacer diluciones hasta que se obtengan lecturas en dicho rango. También es indispensable preparar una curva de concentraciones conocidas.