



**Universidad Michoacana
de San Nicolás de Hidalgo**

**ESCUELA DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS**



**“Efecto del nitrógeno en la nutrición y rendimiento
de limón mexicano”**

Tesis que presenta:

Jorge Luis Quiñones Castañeda

Como requisito parcial para obtener
el Título de:

Ingeniero Agrónomo Horticultor

Director de Tesis: M. C. Juan Carlos Álvarez Hernández

Apatzingán Michoacán, Enero de 2013

DEDICATORIA
AGRADECIMIENTOS

EN EL PRESENTE TRABAJO DE INVESTIGACION, PARA EL DESARROLLO Y LA ELABORACION DE LA TESIS PROFESIONAL TITULADA **“EFECTO DEL NITROGENO EN LA NUTRICION Y RENDIMIENTO DE LIMON MEXICANO”**, ESTUVO BAJO LA DIRECCION DEL M. C. JUAN CARLOS ÁLVAREZ HERNÁNDEZ Y ASESORÍA DEL ING. SALVADOR VENEGAS FLORES, PROFESORES DE LA ESCUELA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DE LA UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO.

DIRECTOR DE TESIS

M. C. JUAN CARLOS ALVAREZ HERNANDEZ

ASESOR DE TESIS

ING. SALVADOR VENEGAS FLORES

PROBACION DE TESIS

**“EFECTO DEL NITROGENO EN LA NUTRICION Y RENDIMIENTO DE
LIMON MEXICANO”**

TESIS

QUE SOMETE A LA CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR EL
C. JORGE LUIS QUIÑONES CASTAÑEDA, COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO HORTICULTOR

APROBADA

PRESIDENTE DEL JURADO

SINODAL

SINODAL

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	I
ÍNDICE DE FIGURAS	II
INDICE DE CUADROS DE ANEXOS	III
RESUMEN	VI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Generalidades del limón mexicano	3
2.1.1 Descripción botánica	3
2.1.2 Requerimientos edafo-climáticos	5
2.1.3 pH en el suelo	6
2.1.4 Conductividad eléctrica del suelo	7
2.1.5 Importancia del cultivo	8
2.2. El nitrógeno como elemento de importancia	10
2.2.1 Fijación del nitrógeno atmosférico	10
2.2.1.1 Fijación de nitrógeno atmosférico por organismos no simbióticos	11
2.2.1.2 Fijación artificial de nitrógeno atmosférico	12
2.2.2 El nitrógeno en el suelo	12
2.2.2.1 pérdidas de nitrógeno asimilable en el suelo	12
2.2.3 El nitrógeno en las plantas	15
2.2.3.1 intercepción	16
2.2.4 El nitrógeno y su impacto en el crecimiento y rendimiento del limón mexicano	17

2.3. Nutrición del limón mexicano	18
2.3.1 Criterios de fertilización en el valle de Apatzingán	18
2.3.2 Fertilización del limón mexicano con base a la extracción nutrimental	19
2.3.3 Análisis de nitrógeno en el extracto celular de peciolo (savia)	20
2.3.4 Análisis de nitrógeno en la solución de suelo	20
3. OBJETIVO GENERAL	22
3.1. Objetivos específicos	22
4. HIPOTESIS	22
5. MATERIALES Y METODOS	23
5.1. Ubicación del sitio experimental	23
5.2. Caracterización climáticas del área de estudio	23
5.3. Diseño experimental	23
5.4. Material vegetal	24
5.5. Acondicionamiento de la parcela experimental	25
5.6. Manejo del cultivo	25
5.7. Variables a evaluar	25
5.8. Análisis de datos	27
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
7. CONCLUSIONES	37
8. LITERATURA CITADA	38

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1 Clasificación de los suelos según el valor de pH (U.S.D.A)	6
2 Clasificación de los suelos según su salinidad (U.S.D.A)	7
3 Superficie cultivada, rendimiento y producción de limón mexicano en los principales estados productores del país	8
4 Producción nacional de limón mexicano	9
5 Evolución de la superficie, producción y rendimiento de limón mexicano en el país.	9
6 Fertilizantes utilizados en la producción de limón mexicano (%)	18
7 Nutrimientos extraídos por tonelada de fruta fresca	19
8 Descripción de los tratamientos evaluados	24
9 Comportamiento del pH en el suelo por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano	27
10 Comportamiento de la C.E (ds/m) en el suelo por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano	28
11 Comportamiento del nitrógeno N (ppm) en el suelo por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano	29
12 Comportamiento del potasio K (ppm) en el suelo por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano	30
13 Comportamiento de la longitud del brote (cm) por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano	31
14 Comportamiento de la variable número de brotes por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano	32
15 Comportamiento del nitrógeno (N) en las hojas por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano	33

16 Comportamiento del potasio (K) en las hojas por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano	34
17 Comportamiento del rendimiento (kg/árbol) por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano	35
18 Rendimiento por árbol y por hectárea al momento de la cosecha	36

1. INTRODUCCIÓN

México es el primer productor de limón mexicano (*Citrus aurantifolia christm. Swingle*) en el mundo. Para el año 2010 se registró una superficie de 153,442.62 hectáreas con una producción de 13.5 Ton/ha aproximadamente (SIAP-SAGAPA, 2010) con un total de producción para el año 2010 de 1,891,403.15 toneladas. Las principales áreas productoras de limón mexicano se localizan en la región costera de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca entre otros. (FAOSTAT, 2010)

Este cítrico se adapta ampliamente a las áreas que presentan características de clima tropical seco en donde predomina un amplio periodo de secas (7 a 8 meses). La época lluviosa es corta (4 a 5 meses) principalmente en verano y fluctúa entre 700 y 1200 mm anuales y con temperaturas medias anuales de 26 a 28 °C (Medina-Urrutia *et al.* 2001).

La agroindustria del limón mexicano es una fuente valiosa de riquezas para los estados dedicados a su cultivo ya que alrededor de ella existe una importante infraestructura de empacadoras, plantas industrializadoras, empresas de servicios e insumos y talleres de armado de cajas para el empaque de fruta (Medina-Urrutia *et al.* 2001). Existen cerca de 26 mil productores de limón mexicano a nivel nacional, 100 empacadoras de fruta y 15 industrias establecidas a lo largo de los estados productores de la costa del pacífico. Se estima que la cadena productiva cítrica genera mas de 18 millones de jornales al año, dando empleos para más de 25 mil familias en la atención de los

viveros, huertos en producción, cosecha, empaques, industria y en la comercialización de la fruta fresca de acuerdo con el consejo estatal del limón mexicano (COELIM, 2006).

Por otro lado el manejo de estas plantaciones es deficiente, esto implica una baja en la producción y mala calidad del fruto (Maldonado, 2001). Aunado a esto, el deficiente manejo del agua de riego, suelos de textura arcillosa con deficiente drenaje, escasa prevención de enfermedades, uso inadecuado de porta-injertos, baja densidad de siembra, mala fertilización y la inducción inoportuna de la floración dan como resultado pérdidas en la producción (Chávez, 1996; Davies y Albrigo, 1988). En cuanto al papel que juega el suelo en este problema no se ha investigado mucho, pero se asume que características, como la presencia de carbonatos de calcio libre y el pH alcalino, inciden negativamente en la disponibilidad, acceso, absorción, transporte y asimilación de varios nutrientes por los cítricos (Sumner, 2000).

Otro de estos factores que repercuten notablemente en el rendimiento y calidad del limón mexicano, es una inadecuada fertilización debido al mal uso y aplicación de los fertilizantes principalmente los nitrogenados, sin mencionar las pérdidas que se tienen de este elemento por los riegos pesados que se aplican en la zona y la evaporación por acción de la temperatura.

La demanda de nitrógeno de la planta de limón mexicano va a variar según el tamaño y la etapa fonológica en que se encuentre esta. Davies y Albrigo, 1988. Mencionan que una planta de limón de aproximadamente de un mes de edad requiere alrededor de 25 g. mientras que plantas de dos años requieren alrededor de 200 g.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. GENERALIDADES DEL LIMÓN MEXICANO.

2.1.1.- DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El limón Mexicano también conocido como limón criollo ó limón sutil es en realidad una lima ácida de frutos pequeños Leal-Pinto *et al.*, 1984. Representa a la especie *aurantifolia* dentro del género *Citrus*. Se ubica taxonómicamente en:

- FAMILIA: *Rutaceae* SUBFAMILIA: *Aurantioideae*
- GENERO: *Citrus* SUBGENERO: *Eucitrus*
- ESPECIE: *Aurantifolia*
- TRIBU: *Citreas* SUBTRIBU: *Citrinas*

Tanaka (1982), menciona que *Citrus aurantifolia* fue la primera especie en evolucionar del subgénero *Eucitrus*. La taxonomía del género *Citrus* ha tenido importantes modificaciones en el transcurso de la historia, ha medida que se han desarrollado nuevos métodos y técnicas de estudio taxonómico (Scora, 1988).

Galum (1988), mediante técnicas bioquímicas y moleculares determinó que en el género *Citrus*, existen tres especies cítricas comestibles verdaderas, las cuales son; *C. medica*, *C. reticulata*, *C. maxima* mientras que el resto son híbridos interespecíficos. Además se ha podido establecer que *Citrus aurantifolia* es un trihíbrido en el que participaron *C. medica*, *C. maxima* y *Microcitrus* (Scora, 1988).

Los árboles de limón mexicano (*Citrus aurantifolia*), son de vigor y tamaño medio, desarrollo arbustivo con varios tallos delgados e irregulares, ramas densamente armadas con pequeñas espinas puntiagudas (Medina-Urrutia, 1984). El follaje es denso, consistente y de hojas pequeñas de color verde pálido, de forma lanceolada ó elíptica-ovada, punta generalmente obtusa, base redondeada, bordes pecíolos ligeramente alados (Robles-González y Medina-Urrutia, 1984).

Las inflorescencias se producen en racimos de dos a siete flores en las axilas de las hojas, aunque rara vez aparecen solitarias. Las flores son pequeñas, blancas, de cáliz copulado con 4 a 5 lóbulos, 4 a 5 pétalos y de 20 a 25 estambres. Es posible encontrar flores en el árbol la mayor parte del año, pero las floraciones principales ocurren en 2 a 3 flujos masivos según la región y manejo agronómico (Robles-González y Medina-Urrutia 1984). El fruto es pequeño, oval ó esférico con base convexa y en ocasiones con cuello pequeño. El ápice también convexo pero con mamila pequeña ligeramente hundida; la cáscara es delgada con una superficie lisa coreácea y fuertemente adherida, es verde y verde amarillento al madurar; con 9 a 12 segmentos y un eje pequeño sólido, la pulpa es de color verde pálido, grano fino, muy jugosa, altamente ácida, con sabor y aroma distintivos; el número de semillas es moderado (3-5), pequeñas y color blanco. Los árboles fructifican prácticamente durante todo el año pero con mayor abundancia de mayo a octubre (Robles-González y Medina-Urrutia, 1984).

2.1.2.- REQUERIMIENTOS EDAFO-CLIMÁTICOS.

Sobre el papel del suelo en este problema no se ha investigado mucho, pero se asume que características como la presencia de carbonatos de calcio libre y el pH alcalino, inducen negativamente en la disponibilidad, acceso, absorción, transporte y asimilación de varios nutrientes por los cítricos (Sumner, 2000) Es la especie del limón mexicano más sensible al frío, ya que es tropical y presenta floración casi continua. Por lo que requiere para fructificar climas de tipo semitropical. En los climas tropicales, el árbol crece y fructifica con normalidad, sin embargo, los frutos que produce no tienen buena calidad comercial, al ser demasiado gruesos y tener poca acidez. El clima más adecuado para el cultivo del limón es de tipo cálido libre de heladas. Los períodos de sequía seguidos de precipitaciones juegan un importante papel en la floración. Este cítrico se adapta ampliamente a las áreas que presentan características de clima tropical seco en donde predomina un amplio periodo de secas (7 a 8 meses), y una época lluviosa corta (4 a 5 meses). Ocurriendo la precipitación en verano principalmente y fluctúa entre 700 y 1200 mm anuales y con temperaturas medias anuales de 26 a 28 °C además se adapta de los cero a los 400 metros sobre el nivel del mar (Medina-Urrutia, 2003).

2.1.3.- pH EN EL SUELO.

La acidez del suelo se determina por la concentración de protones en la solución del suelo, se expresa como pH, que es el logaritmo negativo de la concentración de protones en una disolución determinada. $pH = -\log (H^+)$ el valor de pH varía entre 0 y 14, en la mayoría de los suelos el valor de pH está comprendido entre 4.5 y 10.

El pH ejerce una gran influencia en la asimilación de elementos nutritivos además el intervalo de pH comprendido entre 6 y 7 es más adecuado para la asimilación de nutrientes por parte de las plantas, los microorganismos del suelo proliferan con valores de pH medios y altos. Su actividad se reduce con pH inferior a 5.5 (Cuadro 1)

Cuadro 1. Clasificación de los suelos según el valor de pH (U.S.D.A.)

4.5	Extremadamente ácido
4.5 – 5.5	Fuertemente ácido
5.6 – 6	Medianamente ácido
6.1 – 6.5	Ligeramente ácido
6.6 – 7.3	Neutro
7.4 – 7.8	Medianamente básico
7.9 – 8.4	Básico
8.5 – 9	Ligeramente alcalino
9.1 – 10	Alcalino
10	Fuertemente alcalino

2.1.4.- CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL SUELO

Un suelo es salino cuando tiene un exceso de sales solubles, cuyos iones en la solución del suelo impiden o dificultan el desarrollo normal de las plantas.

Se consideran sales solubles las que están compuestas por los siguientes iones:

Cationes: calcio, magnesio, sodio y potasio.

Aniones: cloruro, sulfato, bicarbonato y carbonato.

La conductividad eléctrica se define como la cantidad de corriente que pasa a través de la solución del suelo y es proporcional al contenido de sales disueltas e ionizadas contenidas en esa solución.

Por tanto el contenido de sales de una solución se conoce midiendo la conductividad eléctrica de la solución mediante la fórmula. $ST = 0.64 * CE$ (Cuadro 2).

Cuadro 2. Clasificación de los suelos según su salinidad (U.S.D.A.)

TIPO DE SUELO	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA
Suelo normal	< 2 dS/m
Suelo salino	>2 dS/m
SALINIDAD LIGERA	2 – 4 dS/m
SALINIDAD MEDIANA	4 – 8 dS/m
SALINIDAD FUERTE	8 – 16 dS/m
SALINIDAD EXTREMA	>16 dS/m

2.1.5.- IMPORTANCIA DEL CULTIVO.

El consumo per cápita de limones en el mundo es de 2 Kg. por persona teniendo los mayores consumos en México con 15.1 Kg. seguido por Italia con 11 Kg. (Medina Urrutia, 2003). Las principales áreas productoras de limón mexicano se localizan en la región costera de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca entre otros. (Cuadro 3)

Cuadro 3. Superficie cultivada, rendimiento y producción de limón mexicano en los principales estados productores del país.

Estado	Superficie cultivada (ha)	Rendimiento (ton/ha)	Producción (ton)
MICHOACAN	40,595.05	11.97	432,235.43
COLIMA	21,512.64	17.97	381,247.30
OAXACA	17,514.54	12.44	204,790.54
GUERRERO	6,939.25	11.37	77,895.74
TABASCO	7,137.57	11.67	80,527.00
JALISCO	4,078.30	13.03	32,856.49
NAYARIT	2,158.67	8.24	17,332.42
CHIAPAS	1,148.55	5.88	3,615.95
HIDALGO	373	8.81	3,286.00

Fuente: SIAP-SAGARPA, 2010

El rendimiento promedio del limón mexicano en el valle de Apatzingán, Michoacán es de 15 toneladas por hectárea, pero algunos productores han logrado producir hasta 45 toneladas por hectárea (Chávez, 1996). Esta gran diferencia entre el rendimiento actual y el posible sugiere la existencia de problemas posiblemente de carácter nutricional, que deben ser investigados por la importancia económica y social que este cultivo tiene en esta región (Chávez, 1998), (Cuadros 4 y 5)

Cuadro 4. Producción nacional de limón mexicano.

Superficie Sembrada	Superficie Cosechada	Producción	Rendimiento (Ton/ha)	Valor (\$/ton).
153,442.62 has	143,869.42 has	1,891,403.15 ton	13.15 ton	\$2,874.63

Fuente: SIAP-SAGARPA, 2010

Cuadro 5. Evolución de la superficie, producción y rendimiento de limón mexicano en el país.

Años	Sembrada (Has)	Cosechada (Has)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/ha)	Valor (\$/ton)
1998	94,945	85,915	972,844	11.3	1,574
1999	98,544	90,197	1,104,369	12.2	2,110
2000	95,601	91,298	1,229,174	13.5	2,264
2001	93,850	87,476	1,100,677	12.6	1,318
2002	93,703	85,204	1,200,116	14.1	1,409
2003	92,052	85,788	1,173,455	13.7	1,824
2004	98,536	94,209	1,270,219	13.5	1,646
2005	96,742	92,675	1,246,485	13.5	1,433
2006	98,102	92,593	1,328,184	14.3	1,700
2010	153,442.62	143,869.42	1,891,403.15	13.15	2,874.63

Fuente: FAOSTAT, 2008

2.2. EL NITRÓGENO COMO ELEMENTO DE IMPORTANCIA

2.2.1 FIJACIÓN DEL NITRÓGENO ATMOSFÉRICO.

El nitrógeno atmosférico se puede fijar mediante la simbiosis que puede ocurrir con casi todas las leguminosas, aunque plantas de otra familia pueden ser capaces de exhibir dicho fenómeno (*Betulaceae*, *Eleagnaceae*, *Coriaceae*, *Rhamnaceae*, *Casuarinaceae*). *Rhizobium* es una bacteria involucrada en la simbiosis con leguminosas, ella fija nitrógeno atmosférico cediéndolo a la planta y en cambio recibe carbono orgánico fijado por la planta mediante la fotosíntesis. Es una bacteria aeróbica que cuando se encuentra en estado libre tiene forme de bastón, no produce esporas y no es capaz de fijar nitrógeno atmosférico. La infección ocurre cuando la raíz secreta un estímulo para la multiplicación de la bacteria; a continuación la bacteria secreta ácido indolacético que dobla el pelo radical, ocurriendo la infección solo en las células tetraploides. En soya, las células susceptibles de ser infectadas por *Rhizobium japonicum* se ubican entre la punta de la raíz y el último pelo radical. La infectividad de esta molécula es transitoria y se pierde en pocas horas. La respuesta de la planta hospedera, que conduce a la infección y nodulación, se inicia después de dos horas después de la inoculación (Bhuvaneswari *et al.*, 1980).

Si las condiciones son favorables para la fijación del nitrógeno, el primer nitrógeno fijado se localiza en la membrana celular infectada, luego en el protoplasma y finalmente en el bacteroide. Los nódulos activos en la fijación muestran un color rosado debido a la presencia de leghemoglobina, sustancia responsable de conservar un microambiente anaeróbico para la fijación de nitrógeno atmosférico. Ardi *et al.*, (1975).

2.2.1.1 Fijación de nitrógeno atmosférico por organismos no simbióticos

Los organismos más importantes, capaces de llevar este tipo de fijación, son bacterias del género: *Clostridium*, *Azotobacter*, *Rhodospirillum*, *Beijerinckia*, *Derxia*; y hongos: genero *Phoma*, también Algas: Cianofíceas (azul-verdes) de las familias *Nostocaceae* y *Oscillatoriaceae*.

La cantidad de nitrógeno atmosférico fijada por organismos no simbióticos, normalmente oscila entre 5 y 50 kg./ha/año. Según las condiciones ambientales y el tipo de organismos involucrados. Los requerimientos para una buena fijación de nitrógeno mediante este proceso, son los siguientes:

1.- *Una fuente sencilla de energía.*- Los organismos autotróficos quedan excluidos de este requisito (*Rhodospirillum* y las algas azul-verdes), ya que son capaces de aprovechar el carbono del CO₂ del aire. Los organismos heterotróficos normalmente requieren de 50 a 100 kg de material carbonaceo de fácil descomposición (azúcares, ácidos orgánicos) para fijar un Kg. de nitrógeno.

2.- *Suelo razonablemente libre de otras bacterias que compitan por nutrientes.* Esta exigencia, junto con la anterior, son las dos mas importantes en la magnitud del fenómeno.

3.- *Bajo contenido de nitrógeno aprovechable en el suelo.* Si el medio es rico en nitrógeno aprovechable, la fijación se restringe tal como sucede con los organismos simbióticos y el nitrógeno se toma directamente del suelo. El amonio es represor de la síntesis de nitrogenasa; sin embargo, hay mutantes de *Azotobacter* que producen nitrogenasa en presencia de amonio (Ardí y Havelka, 1975).

2.2.1.2 FIJACIÓN ARTIFICIAL DE NITRÓGENO ATMOSFÉRICO.

Se trata de la síntesis de fertilizantes químicos nitrogenados, cuyo uso se ha popularizado en México a mediados del siglo XX. Las materias primas utilizadas son el nitrógeno del aire y el gas natural cuya combustión proporciona Hidrógeno. Con estos dos elementos reaccionando a alta presión y temperatura se sintetiza el amonio (NH_4) que a su vez sirve de base para la fabricación de todos los demás fertilizantes nitrogenados (Bacon, 1990).

2.2.2 EL NITRÓGENO EN EL SUELO.

2.2.2.1 PÉRDIDAS DE NITRÓGENO ASIMILABLE EN EL SUELO.

Los procesos mediante los cuales se pierde el nitrógeno asimilable del suelo temporal o definitivamente, son los siguientes:

a).- Absorción por las plantas superiores. El objeto de tener nitrógeno asimilable en el suelo, en última instancia es su absorción por las plantas cultivadas; por lo tanto, deberá evitarse la competencia con las malas hierbas y proporcionarse este nutrimento en la forma que se traduzca en máximo rendimiento (Bacon, 1990).

b).- Erosión. Normalmente el horizonte superficial del suelo es mas rico en nitrógeno y otros nutrimentos requeridos por las plantas, a ello se debe que la erosión sea un factor importante en el abatimiento de la fertilidad de los suelos (Bacon, 1990).

c).- Lixiviación. La lixiviación puede representar una pérdida temporal de nitrógeno aprovechable del suelo cuando éste ha sido trasportado fuera de la zona de las raíces,

pero tiene la posibilidad de volver a las capas superiores, en el agua de ascenso capilar. Por el contrario, será una pérdida definitiva y una fuente de contaminación si el nitrógeno aprovechable llega a mantos freáticos que posteriormente alimentan corrientes subterráneas (Bacon, 1990). La intensidad de lixiviación depende de las características del suelo y del clima, así como de la forma del nitrógeno asimilable, a saber:

1.- Permeabilidad del suelo: suelos arenosos, altamente permeables, están expuestos a perder su nitrógeno por lixiviación, por lo que será recomendable practicar en ellos el fraccionamiento de la fertilización nitrogenada o la aplicación de otras prácticas tendientes a la conservación del nitrógeno en el suelo, como son el uso de fertilizantes de liberación lenta o de inhibidores de nitrificación.

2.- Disponibilidad del agua: en regiones lluviosas o en terrenos bajo riego donde se utilicen grandes láminas de agua, el peligro de lixiviación es mayor.

3.- Forma de nitrógeno asimilable en suelo: la mayor parte del nitrógeno asimilable en suelo se encuentra en forma nítrica o amoniacal. El nitrato por su carácter aniónico es más fácilmente lixiviable y por ello cobra aquí mayor importancia el fenómeno de nitrificación, cuya naturaleza y condiciones se discuten a continuación. Warrington descubrió que la nitrificación se realiza en dos procesos: el primero llamado nitrificación, que consiste en el paso del amonio a nitritos. La nitratación es un fenómeno micro biológico llevado a cabo por *nitrosomonas* y *nitrosococcus*, organismos autotróficos aeróbicos que utilizan la energía liberada en la oxidación del amonio. Se

aprecia también la formación de nitritos que cuando se acumulan en el suelo llegan a ser tóxicos para las plantas. Se observa, además, la liberación de iones hidrógeno, causantes del carácter ácido de esta reacción, responsable del efecto residual ácido de los fertilizantes amoniacales.

Las condiciones favorables para la nitrificación son:

1. *Reacción del suelo.*- existe un amplio margen de pH para que la nitrificación se lleve a cabo, abarcando valores desde 5.5 hasta 10; sin embargo, el pH óptimo está alrededor de 8.5

2. *Aireación del suelo.*- Tratándose de que los organismos responsables son aeróbicos las reacciones son fundamentales de oxidación, se requiere de oxígeno disponible para su realización. Su concentración óptima en la fase gaseosa del suelo es de 20%

3. *Población de organismos nitrificantes.*- Normalmente estos organismos están presentes en el suelo (excepto en los suelos inundados), dependiendo su actividad en las condiciones del medio.

4. *Temperatura.*- Tratándose de reacciones microbiológicas, su velocidad está directamente influenciada por la temperatura, con un óptimo entre 27 y 35°C. (Chandra, 1962). En 24 días de incubación encontró una nitrificación de 100% del amonio agregado al suelo cuando la temperatura fue de 27 °C el porcentaje de nitrificación descendió a 59% y 29% cuando las temperaturas fueron de 16 y 5 °C respectivamente.

5. *Humedad*.- (Parker y Larson, 1962) encontraron reducción en la nitrificación a esfuerzos de humedad inferiores a 0.05 atmósferas (Izaguirre y Fernández, 1963) encontraron también abatimientos en la nitrificación al descender la humedad del suelo de capacidad de campo (CC) a punto de marchitamiento permanente (pmp).

6. *disponibilidad de nutrimentos*.- Se requiere de suficiente amonio como sustrato, así como de calcio, fósforo y de otros nutrimentos demandados por los microorganismos responsables (Chandra, 1962).

2.2.3 EL NITRÓGENO EN LAS PLANTAS.

El nitrógeno tiene una marcada influencia en el crecimiento y producción del limón mexicano, ya que forma parte de las proteínas, clorofila y otros procesos metabólicos; los cítricos necesitan el nitrógeno en mayor proporción que el fósforo y el potasio, por el gran consumo que hacen del mismo.

El suelo esta provisto de nutrimentos y microorganismos que participan en diferentes ciclos biológicos, que permiten el movimiento e intercambio de iones entre el suelo y las plantas. Estas últimas adquieren los nutrimentos esenciales para su desarrollo principalmente a través de las raíces. La capacidad de nutrimentos disponibles para la planta depende, en gran medida, del tipo de suelo, de la fijación de las partículas coloidales, la concentración de éstos en la solución de suelo y la capacidad de absorción de la raíz (Navarro y Navarro, 2000) principalmente de las jóvenes con la participación de los pelos radicales.

Los procesos y factores que contribuyen a la transferencia de los nutrimentos del suelo a las plantas son variados e involucran a la raíz, la concentración de los iones en la rizósfera, el ambiente y la actividad de los microorganismos del suelo.

Debido al continuo desarrollo del sistema radicular para explorar y explotar nuevas zonas del suelo, las raíces son capaces de crecer, en proporciones mucho mayores a las distancias que pueden difundir los iones a través del suelo. Es probable que las raíces jóvenes estén, generalmente rodeadas de mayor concentración de nutrimentos que las raíces maduras, lo que favorece la absorción nutrimental. En el acceso de los nutrimentos hacia la raíz, es decir, la forma en la que llegan a la zona del rizoplasma se plantean tres rutas: acceso por intercepción, acceso por flujo de masas y acceso por difusión; cada una con características específicas (Navarro y Navarro, 2000).

2.2.3.1 INTERCEPCIÓN.

De esta ruta de acceso de un ión adsorbido electrostáticamente, ya sea por la raíz o por el coloide, no queda retenido con demasiada fuerza sino que oscila dentro de un determinado y pequeño volumen, permitiendo un estrecho contacto entre la raíz y los coloides del suelo (Brady y Welli, 1999). La planta crece y como consecuencia de su metabolismo excreta ácido carbónico por las raíces, el que al estar en contacto con la solución de suelo se disocia; los protones difunden hasta el coloide y tienen la capacidad de intercambiarse por otros cationes que se encuentran adsorbidos en éste. El intercambio ocurre en una distancia no mayor de 5 nm entre la raíz y el coloide

En este tipo de acceso juegan un papel importante el tipo de cultivo, el desarrollo de la raíz, (que ocupa en promedio de 0.7 a 0.9% del volumen del suelo en donde crece),

la morfología de ésta, y la concentración del nutrimento en el suelo. Para evaluar el acceso por intercepción se deben tomar en cuenta varios aspectos incluyendo la concentración de nutrimentos depositados en la rizósfera, el volumen que ocupa la raíz en relación al suelo donde ésta se desarrolla, la voracidad del suelo y en consecuencia la densidad del suelo (Brady y Wel, 1999).

2.2.4 EL NITRÓGENO Y SU IMPACTO EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL LIMÓN MEXICANO

En los árboles jóvenes se pueden apreciar los síntomas con un escaso desarrollo y en los árboles adultos con una baja producción, amarillamiento de hojas y frutos con maduración prematura (Embleton *et al.*, 1976). Es importante señalar que, en el caso de los cítricos las cantidades de nitrógeno y potasio absorbidos se incrementan de manera continua y constante hasta el periodo de maduración, lo cual indica que estos nutrimentos son requeridos durante todo el periodo de crecimiento del fruto. El fósforo y el magnesio son requeridos en mayor proporción durante el primer periodo de crecimiento del fruto, siendo luego constante su crecimiento hasta la maduración. El calcio por su parte es requerido durante la primera y la tercera etapa de crecimiento del fruto, es decir, durante la etapa de formación del fruto (“cerillo”) y en la formación de las semillas y madurez fisiológica (Cohen, 1976).

2.3.- NUTRICIÓN DEL LIMON MEXICANO.

2.3.1 CRITERIOS DE FERTILIZACIÓN EN EL VALLE DE APATZINGÁN.

En el estado de Michoacán y en particular en el valle de Apatzingán los fertilizantes más utilizados son el sulfato de amonio, con el cual fertilizan el 77.6% de los productores; la urea el 21.6%; el fosfonitrato el 13.6%; y con la formula (18-46-00) fertilizan el 12.8%. Otros fertilizantes de menor importancia que se aplican son el nitrato de potasio, cloruro de potasio y nitrato de amonio entre otros (Maldonado, 2001) (cuadro 6).

Cuadro 6.- Fertilizantes utilizados en la producción de limón mexicano (%).

Nombre comercial	Preferencia de aplicaciones (%)
18-46-00	8
Cloruro de potasio	6.4
Formula	12.8
Fosfonitrato	13.6
Nitrato de amonio	11.2
Nitrato de potasio	4
Sulfato de amonio	77.6
Sulfato de potasio	3.2
Urea	21.6
Triple 17	10.4

(Maldonado, 2001).

2.3.2. FERTILIZACION DEL LIMON CON BASE A EXTRACCION NUTRIMENTAL

De acuerdo con los estudios realizados por Maldonado (2001), las cantidades de nutrientes extraídos por el cultivo de limón mexicano varían de acuerdo al clima y a las características físico-químicas del suelo (cuadro 7). En los estudios realizados en el valle de Apatzingán, el limón mexicano extrajo más potasio que cualquier otro de los nutrimentos seguido por nitrógeno, calcio, fósforo y magnesio. Al respecto, Koo (1984) indico que el potasio es el más abundante en el jugo de los cítricos, ya que tiene relación con el grado de acidez, la concentración de vitamina “C”, y el tamaño del fruto. Cuando el nivel de potasio en los frutos es deficiente aumenta la relación de sólidos solubles y la acidez (Cohen, 1976).

Cuadro 7. Nutrimentos extraídos por tonelada de fruta fresca (Maldonado, 2003)

Cítricos	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	Kg					G				
Lim.mex.	1.86	0.662	2.728	1.169	0.164	3.41	1.31	1.74	1.44	3.30

2.3.3. ANÁLISIS DE NITRÓGENO EN EL EXTRACTO CELULAR DE PECIOLO (SAVIA).

El análisis foliar o de tejidos vegetales es una herramienta esencial para el diagnóstico nutricional de huertos frutales. Consiste en medir el contenido total de los nutrientes presentes en las hojas o parte de la planta, a través de procedimientos químicos específicos. El análisis foliar se considera actualmente como una referencia indispensable para determinar tanto las necesidades de fertilización de las plantaciones como los estados carenciales de microelementos. Esto se debe a que los análisis foliares dan una indicación precisa de la absorción de los diferentes elementos por la planta, ya que las hojas son muy sensibles a los cambios de composición del medio nutritivo. Este análisis, complementado con un análisis de suelo y la observación permanente de los factores de manejo del huerto, le permiten al agricultor ajustar las dosis de fertilizantes en su plan de fertilización, (Legaz y Primo, 1995).

2.3.4. ANÁLISIS DE NITRÓGENO EN LA SOLUCIÓN DE SUELO.

El análisis del suelo es una práctica usual, ampliamente aceptado como informativo y como una parte esencial de cualquier programa de manejo adecuado. Este análisis entrega una estimación de fertilidad del suelo ya que solamente se analiza una muy pequeña muestra que representa todo el suelo del predio, por ende el análisis de fertilidad de suelo debe ser complementado con análisis de fertilidad foliar.

La fertilidad de un suelo esta relacionada con la disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas. Esta depende de un complejo equilibrio de macro y microelementos minerales esenciales para las plantas. Los tres mas importantes son nitrógeno, fosforo y potasio si estos macroelementos se encuentran en niveles disponibles adecuados en el suelo, generalmente el resto de los nutrientes también lo esta. Por otro lado se debe considerar que la fertilidad del suelo no es constante en el espacio y el tiempo. Así, cuando se realiza un análisis de suelo, además de la fertilización global, otros factores

como la profundidad y el momento de muestreo tienen un gran factor sobre el resultado de la evaluación.

Usos

La importancia del análisis de fertilidad de suelo radica en términos productivos en la utilidad que éste prestara al agricultor, algunas de estas utilidades son:

- Evaluación de la disponibilidad de nutrientes que presenta el suelo.
- Establecer programas de fertilización adecuados.
- Minimización de costos al determinar las dosis de fertilizantes correctas a aplicar (Legaz y Primo, 1995).

3. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de diferentes soluciones nitrogenadas en el cultivo de limón mexicano, en las condiciones ambientales de Apatzingán Michoacán.

3.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el efecto de diferentes dosis de urea (46 % de N) en el rendimiento de fruto de limón mexicano bajo condiciones ambientales del Valle de Apatzingán.
- Determinar la respuesta de variables edáficas y vegetativas por efecto de la adición de fertilizante nitrogenado en limón mexicano.

4. HIPOTESIS

- Al variar las adiciones de nitrógeno a base de urea en el suelo se logra incrementar el rendimiento de fruta de limón mexicano
- Se logra tener un efecto positivo en las variables edáficas y vegetativas haciendo uso de una fertilización nitrogenada eficiente y oportuna en el limón mexicano, mejorando el rendimiento y la calidad de fruta comparado con lo reportado para el valle de Apatzingán.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 UBICACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL

El trabajo experimental se desarrolló en el ejido la Concha, del municipio de Apatzingán, Michoacán en el huerto denominado la Pinzanera, geográficamente se localiza a 19° 04' 25.4" de Latitud Norte y -102° 26' 25.6" de Longitud Oeste y una altitud de 254 msnm (INEGI, 1983).

5.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio presenta un clima $Bs_1(h')w(W)$ que corresponde al grupo de climas cálidos semisecos (el más húmedo de los cálidos semisecos), con lluvias en verano; la temperatura y precipitación media anual es de 28° C y 834 mm respectivamente (García, 1988).

5.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar compuesto de 4 tratamientos y 4 repeticiones, la distribución en campo se muestra en la figura 1. Cada tratamiento

se conformó de dos árboles, en total fueron 32 árboles seleccionados de manera aleatoria. En el cuadro 8. Se muestran las características de los tratamientos evaluados

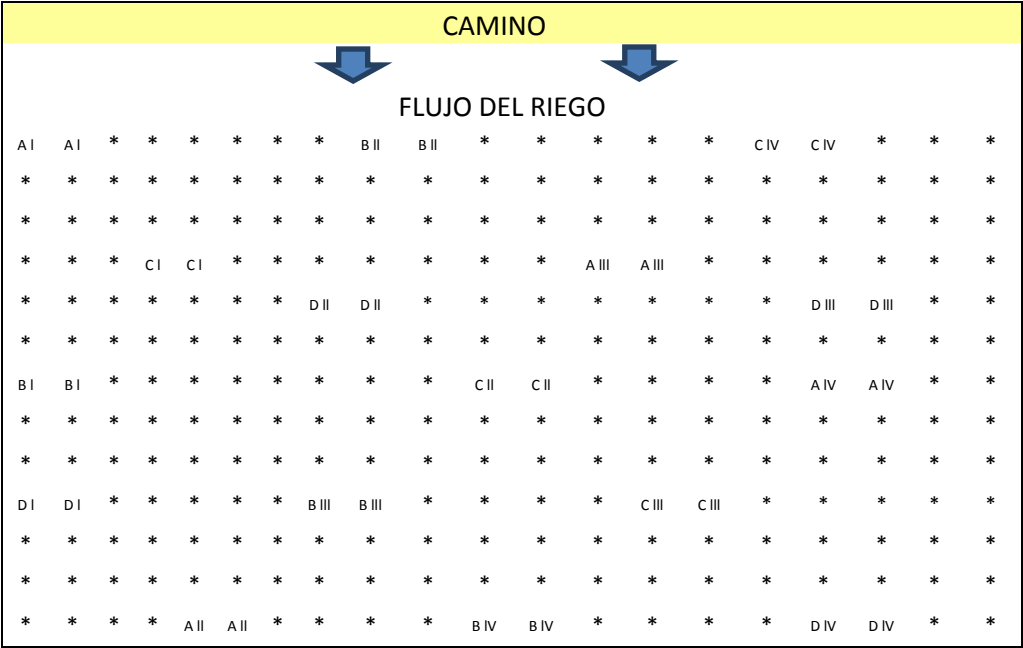


Figura 1. Distribución de tratamientos evaluados, ejido la Concha, 2009.

Cuadro 8. Descripción de los tratamientos evaluados

TRATAMIENTOS	Producto	Cantidad aplicada por árbol (g)	No. De aplicaciones (intervalo c/15 días)
A	Urea (46% N)	41.66	12
B	Urea (46% N)	83.33	12
C	Urea (46% N)	125	12
D	Testigo	-	-

5.4. MATERIAL VEGETAL

Se utilizaron arboles de limón mexicano de 8 y 10 años de edad, injertados sobre porta injerto (patrón) *Citrus macrophylla*.

5.5. ACONDICIONAMIENTO DE LA PARCELA EXPERIMENTAL

Se preparó la parcela experimental dando una poda de saneamiento a los árboles eliminando los “chupones” y ramas secas, posteriormente se rastreo y se eliminaron las malezas sobre los caminos de la huerta para al final hacer (4) pozos uno en cada esquina del área de goteo para la aplicación del fertilizante, una vez que se realizaron estos trabajos, se procedió a marcar los arboles con cintas de colores según el tratamiento utilizado.

5.6. MANEJO DEL CULTIVO

En el manejo del cultivo se siguieron las recomendaciones establecidas por INIFAP (Tecnología Produce Limón en Michoacán, 1998), y practicas particulares como son adiciones de acido sulfúrico en el riego para mantener el pH del suelo.

5.7 VARIABLES A EVALUAR

Con intervalos variables (9-20-35-50-72-87-102-115-129-143-153-162-190-209 días después de la poda ddp) se registraron los datos de las siguientes variables:

- Longitud de brotes. Los brotes se midieron con una cinta métrica desde la base hasta el ápice de la hoja más larga, en centímetros.

- Numero de brotes. Se contabilizaron los brotes con los que cuenta una rama permanentemente.
- Rendimiento por árbol. En periodo de cosecha se colectaron frutos de los arboles, pesando en cada una de las fechas de corte el rendimiento por árbol de cada uno de los tratamientos, el peso promedio, se registro en kilogramos. En el periodo de estudio se muestrearon los tratamientos evaluados, para ello se colectó una muestra de suelo y de tejido por mes, en las cuales se obtuvieron las siguientes variables:
 - El pH de suelo, el procedimiento para determinar este parámetro consistió en preparar una pasta o solución de suelo con 300 gramos de suelo y 100 mililitros de agua destilada, se preparó la mezcla y se colocó el extractor de solución de suelo (chupatubos) se saco la solución de suelo del chupatubos y se analizó el pH con la ayuda de un potenciómetro manual (Hanna® modelo pH) haciendo todos los análisis en campo con equipos portátiles, registrando los valores.
 - El nitrógeno (N) y el potasio (K) en suelo, el procedimiento para determinar estos parámetros consistió en preparar una pasta o solución de suelo con 300 gramos de suelo y 100 mililitros de agua destilada, se preparó la mezcla y se colocó el extractor de solución de suelo (chupatubos) se saco la solución de suelo del chupatubos y se analizó con la ayuda de los ionómetros manuales (Hanna® modelo N 5500 y K 650 respectivamente) registrando los valores.
 - El nitrógeno (N) y el potasio (K) foliar, el procedimiento para determinar estos parámetro consistió en colectar de 10 a 15 pecíolos de hojas de mediana vida de cada uno de los arboles muestreados, machacarlos dentro de una bolsa ziploc con unas pinzas de presión y posteriormente colocar una gota de este jugo de pecíolo en los electrodos de los ionómetros registrando los valores

5.8. ANÁLISIS DE DATOS

Los análisis practicados de las diferentes variables se procesaron mediante análisis de varianza, según el diseño experimental propuesto, para ello se utilizó el paquete estadístico SAS (1997).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 9, se muestra la variable pH del suelo influenciado por los tratamientos evaluados. Como se aprecia, los análisis de varianza practicados no fueron significativos en ninguna fecha de muestreo, esto es, que la aplicación de diferentes dosis de urea no influyó desde el punto de vista estadístico. Sin embargo, de manera general se resalta que a los 20, 35 y 199 ddp, los valores tendieron a incrementar, cuyos valores fluctuaron entre 7.02 y 7.78.

Cuadro 9. Comportamiento del pH en el suelo por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano.

TRATAMIENTOS	DIAS DESPUES DE LA PODA (DDP)				
	9	20	35	162	199
A	7.19 a*	7.98 a	7.51 a	7.61 a	7.46 a
B	6.82 a	7.66 a	7.48 a	6.58 a	6.90 a
C	7.12 a	7.87 a	7.72 a	6.60 a	7.37 a
D	7.51 a	7.91 a	7.53 a	5.87 a	7.63 a
DMS	0.874	0.567	0.756	2.112	0.711
CV	5.81	3.43	4.76	15.0.92	4.614

*Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05). DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación.

Por otra parte, los análisis de varianza practicados para la variable conductividad eléctrica del suelo (C. E.) a diferentes días después de la poda, con excepción de las últimas dos fechas de muestreo (162 y 199 ddp) no presentaron diferencias estadísticas. Por su parte, las últimas dos fechas de muestreo (162 y 199 ddp) aunque estadísticamente mostraron valores diferentes son aceptables, pues no afectan a esta especie vegetal, incluso el valor de 2.67 en el tratamiento A, a 199 ddp ya que según los reportes, el limón presenta tolerancia al efecto de salinidad (cuadro 10).

Cuadro 10. Comportamiento de la C.E (ds/m) en el suelo por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano.

TRATAMIENTOS	DIAS DESPUES DE LA PODA (DDP)				
	9	20	35	162	199
A	0.99 a*	1.65 a	1.49 a	0.29 a	2.67 a
B	1.02 a	0.96 a	1.36 a	0.88 ab	1.92 b
C	0.73 a	1.38 a	1.07 a	1.22 a	0.760 c
D	0.53 a	0.98 a	1.04 a	0.91 ab	1.90 b
DMS	0.99	1.34	1.089	0.67	0.70
CV	57.46	51.32	48.72	38.57	18.51

*Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05). DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación.

Cabe la pena señalar que en el estado de Michoacán, las plantaciones de esta especie generalmente están establecidas en suelos variables que van de textura franco hasta arcillosos, con pH muy alcalinos y altas concentraciones de carbonatos y sulfatos de

calcio, lo que se traduce como suelos no aptos para el cultivo de otras especies hortícolas, a menos que se hagan mejoras en la calidad de los suelos. Como se observó en el cuadro 9, los “pH’s”, son los característicos de la región, y forzosamente responden químicamente a las variaciones de las adiciones de insumos. Sin embargo, la condición de pH alcalino y alta conductividad eléctrica, se ve limitada a provocar estreses en los árboles de esta especie por el uso generalizado de portainjertos tolerantes a salinidad (*Citrus volkameriana* y *Citrus macrophylla*) y suelos calcáreos (*Citrus aurantium*). Por otra parte, en este tipo de pH (alcalino), es muy común que haya fijación de nutrimentos, especialmente de Zn y Fe, cuyo efecto se ve reflejado bajo síntomas de deficiencia.

En el cuadro 11, los análisis de varianza practicados para la variable nitrógeno (N) en el suelo, únicamente mostraron diferencia estadística las ultimas dos fechas de muestreo (162 y 199 ddp), y se logra apreciar que los tratamientos B y C son los que presentan mayor cantidad de N, y por lo tanto mayor disponibilidad para la planta, por su parte el tratamiento D (testigo), en los dos casos mencionados, muestra valores menores a los tratamientos que se les adicionó N.

Cuadro 11. Comportamiento del nitrógeno N (ppm) en el suelo por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano.

TRATAMIENTOS	9	20	162	199
A	1425 a*	2845 a	2275 b	3175 bc
B	975 a	2425 a	2550 ab	3550 ab
C	2175 a	2125 a	3000 a	3650 a
D	2600 a	1680 a	2200 b	2825 c

DMS	1630.9	2505.7	623.18	426.36
CV	43.310	52.610	11.72	6.15

*Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05). DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación.

Para el caso del potasio (K) en el suelo (cuadro 12), los análisis de varianza practicados en su mayoría no fueron significativos, pero a los 162 y 199 ddp si hubo diferencia estadística, bajo esta observación, también se apreció que a los 162 ddp, se incrementó el nivel de K en el suelo, y en la siguiente fecha se redujo, lo que coincide con la actividad correspondiente al “llenado” del fruto amarrado.

Cuadro 12. Comportamiento del potasio K (ppm) en el suelo por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano.

TRATAMIENTOS	DIAS DESPUES DE LA PODA (DDP)				
	9	20	35	162	199
A	650 a*	1475 a	825 a	8775 a	500 bc
B	650 a	1200 a	775 a	9162 a	1150 a
C	750 a	1550 a	775 a	6375 b	600 b
D	625 a	1275 a	425 a	7825 ab	300 c
DMS	676.86	949.51	754.47	1377.2	242.4
CV	48.21	32.89	51.34	8.08	18.11

*Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05). DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación.

En la mayoría de los suelos donde se cultiva el limón mexicano se caracterizan por tener altas concentraciones de P, K, Ca y Mg, pero bajos contenidos de N y materia orgánica, por ello, las adiciones de N al suelo son importantes para lograr los mayores

rendimientos, en el cuadro 11, se observaron concentraciones de N mayores en los tratamientos que se suministro N, comparado con el testigo, esto es, que se debe de tener en cuenta que el árbol debe de contar con cantidad de este elemento de manera que pueda ser adsorbido cuando sea requerido. Asimismo, el comportamiento del K en el suelo, se ven alteraciones de este elemento atribuibles a la movilidad del N en el suelo, y más aun en la sincronía con la actividad del desarrollo de frutos. Aunque este elemento (K) no fue considerado en la evaluación, se presume que es un elemento importante para la actividad de la planta, particularmente en frutos. También, fue importante la aplicación efectuada de ácido sulfúrico que permite modificar la estructura química del suelo, dejando disponible al K como elemento medido, y al P.

Por otra parte, los análisis de varianza efectuados para la variable longitud de brote, se mencionan en el cuadro 13, y no fueron significativos, esto es que los tratamientos evaluados no influyeron en la respuesta fisiológica desde el punto de vista estadístico. Sin embargo, si se apreció un incremento lineal alcanzando sus máximos valores en la última fecha de muestreo (143 ddp) con 15.87 a 23.50 cm

Cuadro 13.- Comportamiento de la longitud del brote (cm) por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano.

TRATAMIENTOS	DIAS DESPUES DE LA PODA (DDP)						
	9	20	34	50	87	115	143
A	10.00 a*	10.50 a	11.40 a	11.90 a	12.80 a	14.90 a	15.90 a
B	14.90 a	15.10 a	17.20 a	20.60 a	21.10 a	21.50 a	23.00 a
C	13.00 a	14.10 a	15.80 a	18.30 a	19.30 a	19.90 a	23.50 a
D	12.40 a	13.60 a	15.50 a	18.00 a	19.00 a	21.00 a	22.00 a
DMS	9.16	10.61	12.32	13.03	13.87	12.62	13.61

CV	34.76	37.90	39.22	37.39	36.65	31.13	30.74
----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

*Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05). DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación.

Al igual que la variable anterior, los análisis de varianza para la variable número de brotes (cuadro 14), no se detectaron diferencias estadísticas, y al igual que la variable anterior, el desarrollo fue lineal hasta alcanzar la última fecha con 14.25 a 18.75 brotes.

Cuadro 14. Comportamiento de la variable número de brotes por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano.

TRATAMIENTOS	DIAS DESPUES DE LA PODA (DDP)						
	9	20	34	50	87	115	143
A	7.50 a*	8.75 a	9.50 a	10.25 a	14.25 a	15.50 a	16.25 a
B	10.00 a	10.5 a	13.00 a	14.50 a	14.75 a	15.25 a	16.00 a
C	6.00 a	6.00 a	6.75 a	7.00 a	9.25 a	13.25 a	14.25 a
D	8.25 a	7.75 a	11.25 a	13.00 a	14.50 a	16.50 a	18.75 a
DMS	5.74	6.54	7.67	7.98	8.80	8.93	9.85
CV	34.45	37.76	36.12	34.01	31.81	28.14	28.76

*Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05). DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación.

En las variables previamente mencionadas (longitud de brotes y número de brotes), la respuesta se considera poco estable, pues teóricamente debería de haber un efecto claro, sin embargo, se dificulta en campo mantener controladas todas las variables

ajenas al efecto del N, no obstante, es de resaltar que en ambas variables el efecto fue lineal, lo que se interpreta como un evento fenológico a través del tiempo.

Para el caso de concentración de N en hojas, se muestra en el cuadro 15, en esta variable los análisis de varianza practicados presentaron diferencias en la mayoría de las fechas muestreadas (20, 102, 129 y 153 ddp). Aunque la tendencia de mayor concentración de N se vio reflejada en las fechas mencionadas, en los tratamientos A y B siempre sobresalieron a diferencia del resto de tratamientos.

Cuadro 15. Comportamiento del nitrógeno (N) en las hojas por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano.

TRATAMIENTOS	DIAS DESPUES DE LA PODA (DDP)							
	9	20	35	72	102	129	153	190
A	1350 a*	2550 ab	2450 a	2875 a	2400 a	2675 a	2025 d	1600 a
B	1600 a	2550 ab	2275 a	2425 a	1850 b	1575 c	3025 b	2000 a
C	2150 a	3500 a	2125 a	2425 a	2625 a	2200 b	6950 a	2100 a
D	2025 a	1975 b	2200 a	2400 a	2650 a	1925 b	6400 a	2000 a
DMS	841.34	1147.80	413.24	594.53	448.4	344.14	2664	857.02
CV	22.49	20.68	8.70	11.18	8.97	7.82	27.58	21.20

*Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05). DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación.

Respecto a la concentración de K en hojas presentado en el cuadro 16, los valores fueron estadísticamente significativos en su mayoría, con excepción de las fechas de muestreo 9 y 102 ddp, a pesar de tales diferencias estadísticas, el comportamiento se muestra muy inestable.

Cuadro 16. Comportamiento del potasio (K) en las hojas por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano.

TRATAMIENTOS	DIAS DESPUES DE LA PODA (DDP)							
	9	20	35	72	102	129	153	190
A	3150 a*	2575 b	2475 a	3350 ab	3000 a	5000 c	2900 b	1500 d
B	3525 a	5325 ab	2075 ab	3350 ab	2925 a	9200 a	3650 ab	3025 c
C	4375 a	4325 a	2300 ab	2925 b	3175 a	5875 b	3950 a	4125 b
D	3700 a	2550 b	1925 b	3500 a	3225 a	6425 b	3150 ab	5150 a
DMS	1437.3	1652.1	515.1	509.73	536.07	745.9	925.03	800.52
CV	18.56	24.26	11.18	7.40	8.28	5.36	12.91	11.05

*Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05). DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación.

El análisis foliar, es una herramienta útil para conocer la concentración de determinado elemento en el interior la planta, con ello, se corrobora el traslado de elementos de manera eficiente desde el suelo, lo que facilita la toma de decisiones en los suministros de fertilizantes. Los resultados obtenidos, reflejan inestabilidad de los elementos N y K, pues se ven influenciados por la constante actividad fisiológica del

árbol. Cabe la pena señalar, que el elemento N es altamente movable en el interior de la planta, por lo que es atribuible su alta o baja presencia en la concentración de las hojas durante las diferentes fechas de muestreo. Asimismo el K, es de señalar que la planta lo moviliza a la actividad fisiológica del fruto.

Con relación a la variable rendimiento de fruto, los análisis de varianza efectuados en las diferentes fechas de muestreo, no mostraron diferencias estadísticas, sin embargo como se observa, se aprecian dos flujos marcados de mayor colecta de fruto rendido (87 y 209 ddp). Asimismo, de manera general en su mayoría se mostró al testigo (tratamiento D), por debajo de los tratamientos manejados con adiciones de N.

Cuadro 17. Comportamiento del rendimiento (kg/árbol) por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano.

TRATAMIENTOS	DIAS DESPUES DE LA PODA (DDP)			
	87	115	143	209
A	24 a*	20 a	17 a	20 a
B	22 a	20 a	21 a	28 a
C	28 a	24 a	21 a	26 a
D	17 a	18 a	20 a	21 a
DMS	18.43	24.98	22.02	23.59
CV	44.77	67.34	61.62	54.89

*Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05). DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación.

De igual forma, al concentrar los datos relacionados con el rendimiento (cuadro 18), se puede apreciar que la tendencia de mayor rendimiento se alcanzó con el tratamiento C (urea 125 g/árbol por 12 aplicaciones cada 15 días), alcanzando un rendimiento

estimado de 15,444 kg/ha ó 99 kg/árbol. Seguido tratamiento B (urea 83,33 g/árbol por 12 aplicaciones cada 15 días).

Cuadro 18. Rendimiento por árbol y por hectárea al momento de la cosecha

TRATAMIENTO	Rendimiento/árbol	Rendimiento/ha población de 156 arboles
	kg	
A	81	12,636
B	91	14,196
C	99	15,444
D	76	11,856

El N es el elemento que mayor influencia tiene sobre la producción de la fruta de limón, por lo que es indispensable su adición de manera constante. El P y el K presentan menor influencia sobre el rendimiento, pero su efecto se ve de manera clara en la calidad de la fruta, principalmente en la acidez, porcentaje de jugo, contenido de ácido ascórbico y tamaño de fruto, también reduce el grosor de la cascara. Existe poca información para obtener la cantidad y épocas de aplicación de fertilizantes, sin embargo en este estudio se presentan resultados que pueden ser utilizados con base a un criterio alternativo, esto es que de manera práctica es posible adoptar el tratamiento que mejor convenga a las necesidades y metas que se fijen en la producción de limón. Por ejemplo, a mayor rendimiento, mayor suministro de fertilizante (urea) tratamiento

C, pero también mayor costo de producción; rendimiento módico, tratamiento A (menor fertilizante y menor costo de producción) (cuadro 18).

7. CONCLUSIONES

Las características del suelo, con excepción de la variable pH del suelo, en el resto de variables (C, E., N y K en el suelo) en las dos últimas fechas muestreadas los análisis de varianza fueron significativos, y particularmente los tratamientos adicionados con N superaron al testigo.

Las variables fenológicas número y longitud de brotes no se vieron influenciadas por efecto de tratamientos desde el punto de vista estadístico, pero si mostraron un desarrollo lineal a través del tiempo.

La concentración de N en las hojas, al igual que el K, presentaron un comportamiento inestable, mismo que se vio influenciado por la constante actividad fisiológica del árbol, y la respuesta no fue clara bajo las condiciones del estudio.

Aunque estadísticamente el rendimiento de fruto no fue significativo, bajo las condiciones evaluadas se pudieron alcanzar cuatro cortes.

Entre los tratamientos evaluados la tendencia de mayor rendimiento se obtuvo en los tratamientos adicionados con N, entre estos sobresalió el tratamiento C logrando obtener 15,444 kg/ha.

8. LITERATURA CITADA

Ardi y Havelka. 1975. Total nitrogen. pp. 1149-1178 in: Black, C.A. (ed). Methods of soilanalysis. Part. 2. Agronomy 9. American Society of agronomy. Madison, WI.

Bacon. S. 1990. Nitrogen Mineralization Potentials of Soil. Sc. Soc. Am. Proc. 36: 465-472

Brady y Weli. 1999. Soils and Nutrition. pp. 21-46 in Timer, L.W. y L.W. Duncan (eds) Citrus health management. The American Phitopathological Society. Press. St. Paul, MN.

Chandra. G. 1962. Leaf analysis en citrus fertilitation. The California Citrograph 50 Ziverside, CA.

Chávez C. X. 1998. Tecnología Produce Limón Mexicano en Michoacán. Fundación Produce Michoacán. Gobierno del Estado de Michoacán. E INIFAP.

Chávez C. X., 1996. Manual para la Producción de Limón en el valle de Apatzingán, Michoacán. Agenda Técnica No. 3 INIFAP., Paracuaro, Michoacán, México.

Coelim, Fundación Produce Michoacán, A.C. "El Clúster Hortofrutícola del Valle de Apatzingán, Michoacán" 2006.

Cohen, A. 1976. Citrus Fertilization. International Potash Institute Bern, Switzerland.

Davies. F. S. y L. G. Albrigo 1988. Citrus Corp. Production Science in Horticulture. CAB International. Miami, FL.

Embleton, T.W., W.W. Jones y R.G. Platt. 1976. Leaf analysis as a diagnostic tool and guide to fertilitation. pp. 4-9 in: H.M. Reisenaver(ed.) Soil Berkeley, CA.

FAOSTAT, 2010. Archivo Electrónico www.faostat.org.mx

Galum. E. 1988. Principles of plant nutrition. pp. 295-491 International Potash Institute. Switzerland.

INEGI. 1983. Carta Edafológica E. 13-3. Escala 1: 250,000. Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática. México.

Koo, R.C.J. 1984. Recommended Fertilizers and nutritional sprays for citrus. Bulletin 536 D. Agricultural Experimental station university of Florida. Gainesville. FL.

Leal-Pinto y Galum. E. 1984. Effect of girdling on the differentiation of inflorescence types and fruit set in shamouti orange trees Israel J. Bot. 37. 173-180.

Legaz. P.F. y M.E. Primo 1995. Normas para la fertilización de los agrios. Folleto de divulgación 5-88 Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Dirección General de Innovación de Tecnología. Valencia, España.

Maldonado T.R., 2001. Algunos aspectos de la nutrición férrica del limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Christm) Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de doctor en ciencias. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco Edo. De México.

Medina U. V. M. 1984. Fenología del limón Mexicano (*Citrus aurantifolia*. Christm swingle)

Medina U. V. M. 2003. El cultivo del limón mexicano (*Citrus aurantifolia*. Christm swingle) en el estado de Michoacán. Documento electrónico, Fundación Produce de Michoacán, México.

Medina, U.V.M., Robles, G.M.M., Becerra, R.S., Orozco, R.J., Orozco, S.M., Garza, L.J.G., Ovando, C.M.E., Chávez, C.X. y Félix, C.F.A. 2001. El cultivo del limón mexicano.

Navarro y Navarro. 2000. Química Agrícola. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 488 pp.

Robles-Gonzalez y Medina Urrutia, 1984. Fenología del Limón Mexicano (Citrus aurantifolia. Christm Swingle.) Memorias del Segundo Simposium sobre la Agroindustria del Limón Mexicano. SARH-INIA- Campo Experimental Tecomán, Col.

SAS Institute. 1997. SAS/STAT User's Guide. Release 6.3 Edition. Cary, North Carolina 1028 p.

Scora. A. 1988. V. Almeda y J. Ponds. Effects of girdling on alternate bearing in citrus. J. Hort. Sci. 67: 203-210.

SIAP-SAGARPA 2010. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. Centro de Estadística Agropecuaria. SAGARPA, México.

Sumner, M. 2000 Handbook of soil science CRC press Washington, DC.

Tanaka. 1982. Citrus fruit enlargement By means of summer girdling. J. Hort. sci. 59:119-125.

ANEXOS.

ANALISIS DE VARIANZA

Cuadro 1A.- Análisis de varianza para la variable pH suelo a los 9 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	0.964	0.321	1.85	0.191
Error	12	2.084	0.173		
Total	15	3.084			
C. V. 5.817 R ² 0.316					

Cuadro 2A.- Análisis de varianza para la variable pH suelo a los 20 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	0.230	0.076	1.05	0.404
Error	12	0.876	0.073		
Total	15	1.107			
C. V. 3.43 R ² 0.208					

Cuadro 3A.- Análisis de varianza para la variable pH suelo a los 35 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	0.142	0.047	0.37	0.778
Error	12	1.559	0.129		
Total	15	1.702			

C. V. 4.76
R² 0.083

Cuadro 4A.- Análisis de varianza para la variable pH suelo a los 162 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	6.11	2.037	2.01	0.166
Error	12	12.15	1.012		
Total	15	18.26			

C. V. 15.092
R² 0.334

Cuadro 5A.- Análisis de varianza para la variable pH suelo a los 199 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	1.179	0.393	3.42	0.052
Error	12	1.378	0.114		
Total	15	2.557			

C. V. 4.614
R² 0.461

Cuadro 6A.- Análisis de varianza para la variable C.E (ds/m) suelo a los 9 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	0.647	0.215	0.97	0.439
Error	12	2.673	0.222		
Total	15	3.320			

C. V. 57.46
R² 0.194

Cuadro 7A.- Análisis de varianza para la variable C.E (ds/m) suelo a los 20 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	1.331	0.443	1.08	0.392
Error	12	4.914	0.409		
Total	15	6.246			

C. V. 51.322
R² 0.213

Cuadro 8A. Análisis de varianza para la variable C.E (ds/m) suelo a los 35 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	0.571	0.190	0.71	0.565
Error	12	3.231	0.269		
Total	15	3.803			

C. V. 41.68
R² 0.150

Cuadro 9A.- Análisis de varianza para la variable C.E (ds/m) suelo a los 162 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	1.831	0.610	5.97	0.0099

Error	12	1.226	0.102
Total	15	3.057	
C. V. 38.57 R ² 0.598			

Cuadro 10A.- Análisis de varianza para la variable C.E (ds/m) suelo a los 199 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	7.457	2.485	22.00	0.0001
Error	12	1.355	0.112		
Total	15	8.812			
C. V. 18.51 R ² 0.846					

Cuadro 11A.- Análisis de varianza para la variable N (ppm) en suelo a los 9 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	6406875	2135625	3.54	0.048
Error	12	7242500	603541.67		
Total	15	13649375			
C. V. 43.310 R ² 0.469					

Cuadro 12A.- Análisis de varianza para la variable N (ppm) en suelo a los 20 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	2895075	965025	0.68	0.582

Error	12	17096100	1424675
Total	15	19991175	
C. V. 52.610 R ² 0.144			

Cuadro 13A.- Análisis de varianza para la variable N (ppm) en suelo a los 162 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	1416875	472291.67	5.36	0.0142
Error	12	1057500	88125		
Total	15	2474375			
C. V. 11.72 R ² 0.572					

Cuadro 14A.- Análisis de varianza para la variable N (ppm) en suelo a los 199 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	1705000	568333	13.78	0.0003
Error	12	495000	41250		
Total	15	2200000			
C. V. 6.154 R ² 0.775					

Cuadro 15A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en suelo a los 9 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	36875	12291.67	0.12	0.947
Error	12	1247500	103958.33		

Total	15	1284375
-------	----	---------

C. V. 48.213
R² 0.028

Cuadro 16A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en suelo a los 20 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	325000	108333.33	0.53	0.670
Error	12	2455000	204583.33		
Total	15	2780000			

C. V. 32.89
R² 0.116

Cuadro 17A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en suelo a los 35 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	410000	136666.67	1.06	0.403
Error	12	1550000	129166.67		
Total	15	1960000			

C. V.51.342
R² 0.209

Cuadro 18A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en suelo a los 162 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	16521718.75	5507239.58	12.8	0.0005
Error	12	5164375	430364.58		

Total	15	21686093.75
-------	----	-------------

C. V. 8.089
R² 0.761

Cuadro 19A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en suelo a los 199 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	1587500	529166.67	39.69	0.0001
Error	12	160000	13333.33		
Total	15	1747500			

C. V. 18.11
R² 0.90

Cuadro 20A.- Análisis de varianza para la variable longitud de brote (cm) a los 9 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	48.56	16.18	0.85	0.493
Error	12	228.87	19.07		
Total	15	277.43			

C. V. 34.76
R² 0.175

Cuadro 21A.- Análisis de varianza para la variable longitud de brote (cm) a los 20 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	47.79	15.93	0.62	0.613

Error	12	307.06	25.58
Total	15	354.85	
C. V. 37.90 R ² 0.134			

Cuadro 22A.- Análisis de varianza para la variable longitud de brote (cm) a los 34 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	76.04	25.34	0.74	0.550
Error	12	413.68	34.47		
Total	15	489.73			
C. V. 39.22 R ² 0.155					

Cuadro 23A.- Análisis de varianza para la variable longitud de brote (cm) a los 50 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	167.31	55.77	1.35	0.304
Error	12	495.62	41.30		
Total	15	662.93			
C. V. 37.39 R ² 0.252					

Cuadro 24A.- Análisis de varianza para la variable longitud de brote (cm) a los 87 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	159.54	53.18	1.22	0.34
Error	12	524.18	43.68		
Total	15	683.73			
C. V. 36.65 R ² 0.233					

Cuadro 25A.- Análisis de varianza para la variable longitud de brote (cm) a los 115 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	110.56	36.85	1.02	0.418
Error	12	433.87	36.15		
Total	15	544.43			
C. V. 31.13 R ² 0.203					

Cuadro 26A.- Análisis de varianza para la variable longitud de brote (cm) a los 143 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	149.92	49.97	1.19	0.355
Error	12	504.68	42.05		
Total	15	654.60			
C. V. 30.74 R ² 0.229					

Cuadro 27A.- Análisis de varianza para la variable número de brotes a los 9 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	33.18	11.06	1.48	0.269
Error	12	89.75	7.47		
Total	15	122.93			
C. V. 34.45					

R^2 0.269

Cuadro 28A.- Análisis de varianza para la variable número de brotes a los 20 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	42.50	14.16	1.46	0.274
Error	12	116.50	9.70		
Total	15	159.00			
C. V. 37.76 R^2 0.267					

Cuadro 29A.- Análisis de varianza para la variable número de brotes a los 34 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	85.25	28.41	2.12	0.150
Error	12	160.50	13.37		
Total	15	245.75			
C. V. 36.12 R^2 0.346					

Cuadro 30A.- Análisis de varianza para la variable número de brotes a los 50 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	130.68	43.56	3.01	0.072
Error	15	173.75	14.47		
Total	15	304.43			
C. V. 34.01 R^2 0.429					

Cuadro 31A.- Análisis de varianza para la variable número de brotes a los 87 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	83.18	27.72	1.58	0.246
Error	12	211.25	17.60		
Total	15	294.43			
C. V. 31.81 R ² 0.282					

Cuadro 32A.- Análisis de varianza para la variable número de brotes a los 115 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	22.25	7.41	0.41	0.749
Error	12	217.50	18.12		
Total	15	239.75			
C. V. 28.14 R ² 0.092					

Cuadro 33A.- Análisis de varianza para la variable número de brotes a los 143 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	41.18	13.72	0.62	0.61
Error	12	264.25	22.02		
Total	15	305.43			
C. V. 28.76 R ² 0.134					

Cuadro 34A.- Análisis de varianza para la variable N (ppm) en hojas a los 9 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	1656875	552291.67	3.44	0.0520
Error	12	1927500	160625		
Total	15	3584375			
C. V. 22.49 R ² 0.462					

Cuadro 35A.- Análisis de varianza para la variable N (ppm) en hojas a los 20 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	4791875	1597291.67	5.34	0.014
Error	12	3587500	298958.33		
Total	15	8379375			
C. V. 20.68 R ² 0.571					

Cuadro 36A.- Análisis de varianza para la variable N (ppm) en hojas a los 35 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	232500	77500	2.00	0.167
Error	12	465000	38750		
Total	15	697500			
C. V. 8.70 R ² 0.333					

Cuadro 37A.- Análisis de varianza para la variable N (ppm) en hojas a los 72 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	631875	210625	2.63	0.098
Error	12	962500	80208		
Total	15	1594375			
C. V. 11.18 R ² 0.396					

Cuadro 38A.- Análisis de varianza para la variable N (ppm) en hojas a los 102 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	1656875	552291.67	12.11	0.0006
Error	12	547500	45625		
Total	15	2204375			
C. V. 8.97 R ² 0.751					

Cuadro 39A.- Análisis de varianza para la variable N (ppm) en hojas a los 129 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	2586875	862291.67	32.09	0.0001
Error	12	322500	26875		
Total	15	2909375			
C. V. 7.82 R ² 0.889					

Cuadro 40A.- Análisis de varianza para la variable N (ppm) en hojas a los 153 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	71495000	23831666.6	14.8	0.0002
Error	12	19325000	1610416.67		
Total	15	90820000			
C. V. 27.58 R ² 0.787					

Cuadro 41A.- Análisis de varianza para la variable N (ppm) en hojas a los 190 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	590000	196666.67	1.18	0.358
Error	12	2000000	166666.67		
Total	15	2590000			
C. V. 21.20 R ² 0.227					

Cuadro 42A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en hojas a los 9 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	3152500	1050833.33	2.24	0.135
Error	12	5625000	468750		
Total	15	8777500			
C. V. 18.56 R ² 0.359					

Cuadro 43A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en hojas a los 20 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	8706875	2902291.67	4.69	0.0217
Error	12	7432500	619375		
Total	15	16139375			
C. V. 24.26 R ² 0.539					

Cuadro 44A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en hojas a los 35 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	706875	235625	3.91	0.036
Error	12	722500	60208.33		
Total	15	1429375			
C. V. 11.18 R ² 0.494					

Cuadro 45A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en hojas a los 72 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	736875	245625	4.17	0.030
Error	12	707500	58958.33		
Total	15	1444375			
C. V. 7.40 R ² 0.510					

Cuadro 46A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en hojas a los 102 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	241875	80625	1.24	0.339
Error	12	782500	65208.33		
Total	15	1024375			
C. V.8.28 R ² 0.236					

Cuadro 47A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en hojas a los 129 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	39495000	13165000	104.28	0.0001
Error	12	1515000	126250		
Total	15	41010000			
C. V. 5.36 R ² 0.963					

Cuadro 48A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en hojas a los 153 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	2707500	902500	4.65	0.022
Error	12	2330000	194166.67		
Total	15	5037500			
C. V. 12.91 R ² 0.537					

Cuadro 49A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en hojas a los 190 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	29315000	9771666.67	67.2	0.0001
Error	12	1745000	145416.66		
Total	15	31060000			
C. V. 11.05 R ² 0.943					

Cuadro 50A.- Análisis de varianza para la variable rendimiento (Kg) a los 87 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	313.75	104.58	1.01	0.414
Error	16	1660	103.75		
Total	19	1973.75			
C. V. 44.77 R ² 0.158					

Cuadro 51A.- Análisis de varianza para la variable rendimiento (Kg) a los 115 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	95	31.67	0.17	0.917
Error	16	3050	190.62		
Total	19	3145			
C. V. 67.34 R ² 0.030					

Cuadro 52A.- Análisis de varianza para la variable rendimiento (Kg) a los 143 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	53.75	17.91	0.12	0.946
Error	16	2370	148.12		
Total	19	2423.75			
C. V. 61.62 R ² 0.022					

Cuadro 53A.- Análisis de varianza para la variable rendimiento (Kg) a los 209 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	223.75	74.58	0.44	0.75
Error	16	2720	170		
Total	19	2943.75			
C. V. 54.89 R ² 0.076					

1. INTRODUCCIÓN

México es el primer productor de limón mexicano (*Citrus aurantifolia christm. Swingle*) en el mundo. Para el año 2010 se registró una superficie de 153,442.62 hectáreas con una producción de 13.5 Ton/ha aproximadamente (SIAP-SAGAPA, 2010) con un total de producción para el año 2010 de 1,891,403.15 toneladas. Las principales áreas productoras de limón mexicano se localizan en la región costera de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca entre otros. (FAOSTAT, 2010)

Este cítrico se adapta ampliamente a las áreas que presentan características de clima tropical seco en donde predomina un amplio periodo de secas (7 a 8 meses). La época lluviosa es corta (4 a 5 meses) principalmente en verano y fluctúa entre 700 y 1200 mm anuales y con temperaturas medias anuales de 26 a 28 °C (Medina-Urrutia *et al.* 2001).

La agroindustria del limón mexicano es una fuente valiosa de riquezas para los estados dedicados a su cultivo ya que alrededor de ella existe una importante infraestructura de empacadoras, plantas industrializadoras, empresas de servicios e insumos y talleres de armado de cajas para el empaque de fruta (Medina-Urrutia *et al.* 2001). Existen cerca de 26 mil productores de limón mexicano a nivel nacional, 100 empacadoras de fruta y 15 industrias establecidas a lo largo de los estados productores de la costa del pacífico. Se estima que la cadena productiva cítrica genera mas de 18 millones de jornales al año, dando empleos para más de 25 mil familias en la atención de los

viveros, huertos en producción, cosecha, empaques, industria y en la comercialización de la fruta fresca de acuerdo con el consejo estatal del limón mexicano (COELIM, 2006).

Por otro lado el manejo de estas plantaciones es deficiente, esto implica una baja en la producción y mala calidad del fruto (Maldonado, 2001). Aunado a esto, el deficiente manejo del agua de riego, suelos de textura arcillosa con deficiente drenaje, escasa prevención de enfermedades, uso inadecuado de porta-injertos, baja densidad de siembra, mala fertilización y la inducción inoportuna de la floración dan como resultado pérdidas en la producción (Chávez, 1996; Davies y Albrigo, 1994). En cuanto al papel que juega el suelo en este problema no se ha investigado mucho, pero se asume que características, como la presencia de carbonatos de calcio libre y el pH alcalino, inciden negativamente en la disponibilidad, acceso, absorción, transporte y asimilación de varios nutrientes por los cítricos (Sumner, 2000).

Otro de estos factores que repercuten notablemente en el rendimiento y calidad del limón mexicano, es una inadecuada fertilización debido al mal uso y aplicación de los fertilizantes principalmente los nitrogenados, sin mencionar las pérdidas que se tienen de este elemento por los riegos pesados que se aplican en la zona y la evaporación por acción de la temperatura.

La demanda de nitrógeno de la planta de limón mexicano va a variar según el tamaño y la etapa fonológica en que se encuentre esta. Davies (1988), menciona que una planta de limón de aproximadamente de un mes de edad requiere alrededor de 25 g. mientras que plantas de dos años requieren alrededor de 200 g.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. GENERALIDADES DEL LIMÓN MEXICANO.

2.1.1.- DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El limón Mexicano también conocido como limón criollo ó limón sutil es en realidad una lima ácida de frutos pequeños Leal-Pinto *et al.*, 1984. Representa a la especie *aurantifolia* dentro del género *Citrus*. Se ubica taxonómicamente en:

- FAMILIA: *Rutaceae* SUBFAMILIA: *Aurantioideae*
- GENERO: *Citrus* SUBGENEROS: *Eucitrus*
- ESPECIE: *Aurantifolia*
- TRIBU: *Citreas* SUBTRIBU: *Citrinas*

Tanaka (1982), menciona que *Citrus aurantifolia* fue la primera especie en evolucionar del subgénero *Eucitrus*. La taxonomía del género *Citrus* ha tenido importantes modificaciones en el transcurso de la historia, ha medida que se han desarrollado nuevos métodos y técnicas de estudio taxonómico (Scora, 1988).

Galum (1988), mediante técnicas bioquímicas y moleculares determinó que en el género *Citrus*, existen tres especies cítricas comestibles verdaderas, las cuales son; *C. medica*, *C. reticulata*, *C. maxima* mientras que el resto son híbridos interespecíficos. Además se ha podido establecer que *Citrus aurantifolia* es un trihíbrido en el que participaron *C. medica*, *C. maxima* y *Microcitrus* (Scora, 1988).

Los árboles de limón mexicano (*Citrus aurantifolia*), son de vigor y tamaño medio, desarrollo arbustivo con varios tallos delgados e irregulares, ramas densamente armadas con pequeñas espinas puntiagudas (Medina-Urrutia, 1984). El follaje es denso, consistente y de hojas pequeñas de color verde pálido, de forma lanceolada ó elíptica-ovada, punta generalmente obtusa, base redondeada, bordes pecíolos ligeramente alados (Robles-González y Medina-Urrutia, 1984).

Las inflorescencias se producen en racimos de dos a siete flores en las axilas de las hojas, aunque rara vez aparecen solitarias. Las flores son pequeñas, blancas, de cáliz copulado con 4 a 5 lóbulos, 4 a 5 pétalos y de 20 a 25 estambres. Es posible encontrar flores en el árbol la mayor parte del año, pero las floraciones principales ocurren en 2 a 3 flujos masivos según la región y manejo agronómico (Robles-González y Medina-Urrutia 1984). El fruto es pequeño, oval ó esférico con base convexa y en ocasiones con cuello pequeño. El ápice también convexo pero con mamila pequeña ligeramente hundida; la cáscara es delgada con una superficie lisa coreácea y fuertemente adherida, es verde y verde amarillento al madurar; con 9 a 12 segmentos y un eje pequeño sólido, la pulpa es de color verde pálido, grano fino, muy jugosa, altamente ácida, con sabor y aroma distintivos; el número de semillas es moderado (3-5), pequeñas y color blanco. Los árboles fructifican prácticamente durante todo el año pero con mayor abundancia de mayo a octubre (Robles-González y Medina-Urrutia, 1984).

2.1.2.- REQUERIMIENTOS EDAFO-CLIMÁTICOS.

Sobre el papel del suelo en este problema no se ha investigado mucho, pero se asume que características como la presencia de carbonatos de calcio libre y el pH alcalino, inducen negativamente en la disponibilidad, acceso, absorción, transporte y asimilación de varios nutrientes por los cítricos (Sumner, 2000) Es la especie del limón mexicano más sensible al frío, ya que es tropical y presenta floración casi continua. Por lo que requiere para fructificar climas de tipo semitropical. En los climas tropicales, el árbol crece y fructifica con normalidad, sin embargo, los frutos que produce no tienen buena calidad comercial, al ser demasiado gruesos y tener poca acidez. El clima más adecuado para el cultivo del limón es de tipo cálido libre de heladas. Los períodos de sequía seguidos de precipitaciones juegan un importante papel en la floración. Este cítrico se adapta ampliamente a las áreas que presentan características de clima tropical seco en donde predomina un amplio periodo de secas (7 a 8 meses), y una época lluviosa corta (4 a 5 meses). Ocurriendo la precipitación en verano principalmente y fluctúa entre 700 y 1200 mm anuales y con temperaturas medias anuales de 26 a 28 °C además se adapta de los cero a los 400 metros sobre el nivel del mar (Urrutia, 2003).

2.1.3.- pH EN EL SUELO.

La acidez del suelo se determina por la concentración de protones en la solución del suelo, se expresa como pH, que es el logaritmo negativo de la concentración de protones en una disolución determinada. $pH = -\log (H^+)$ el valor de pH varía entre 0 y 14, en la mayoría de los suelos el valor de pH está comprendido entre 4.5 y 10.

El pH ejerce una gran influencia en la asimilación de elementos nutritivos además el intervalo de pH comprendido entre 6 y 7 es más adecuado para la asimilación de nutrientes por parte de las plantas, los microorganismos del suelo proliferan con valores de pH medios y altos. Su actividad se reduce con pH inferior a 5.5 (Cuadro 1)

Cuadro 1. Clasificación de los suelos según el valor de pH (U.S.D.A.)

4.5	Extremadamente ácido
4.5 – 5.5	Fuertemente ácido
5.6 – 6	Medianamente ácido
6.1 – 6.5	Ligeramente ácido
6.6 – 7.3	Neutro
7.4 – 7.8	Medianamente básico
7.9 – 8.4	Básico
8.5 – 9	Ligeramente alcalino
9.1 – 10	Alcalino
10	Fuertemente alcalino

2.1.4.- CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL SUELO

Un suelo es salino cuando tiene un exceso de sales solubles, cuyos iones en la solución del suelo impiden o dificultan el desarrollo normal de las plantas.

Se consideran sales solubles las que están compuestas por los siguientes iones:

Cationes: calcio, magnesio, sodio y potasio.

Aniones: cloruro, sulfato, bicarbonato y carbonato.

La conductividad eléctrica se define como la cantidad de corriente que pasa a través de la solución del suelo y es proporcional al contenido de sales disueltas e ionizadas contenidas en esa solución.

Por tanto el contenido de sales de una solución se conoce midiendo la conductividad eléctrica de la solución mediante la fórmula. $ST = 0.64 * CE$ (Cuadro 2).

Cuadro 2. Clasificación de los suelos según su salinidad (U.S.D.A.)

TIPO DE SUELO	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA
Suelo normal	< 2 dS/m
Suelo salino	>2 dS/m
SALINIDAD LIGERA	2 – 4 dS/m
SALINIDAD MEDIANA	4 – 8 dS/m
SALINIDAD FUERTE	8 – 16 dS/m
SALINIDAD EXTREMA	>16 dS/m

2.1.5.- IMPORTANCIA DEL CULTIVO.

El consumo per cápita de limones en el mundo es de 2 Kg. por persona teniendo los mayores consumos en México con 15.1 Kg. seguido por Italia con 11 Kg. (Medina Urrutia, 2003). Las principales áreas productoras de limón mexicano se localizan en la región costera de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca entre otros. (Cuadro 3)

Cuadro 3. Superficie cultivada, rendimiento y producción de limón mexicano en los principales estados productores del país.

Estado	Superficie cultivada (ha)	Rendimiento (ton/ha)	Producción (ton)
MICHOACAN	40,595.05	11.97	432,235.43
COLIMA	21,512.64	17.97	381,247.30
OAXACA	17,514.54	12.44	204,790.54
GUERRERO	6,939.25	11.37	77,895.74
TABASCO	7,137.57	11.67	80,527.00
JALISCO	4,078.30	13.03	32,856.49
NAYARIT	2,158.67	8.24	17,332.42
CHIAPAS	1,148.55	5.88	3,615.95
HIDALGO	373	8.81	3,286.00

Fuente: SIAP-SAGARPA, 2010

El rendimiento promedio del limón mexicano en el valle de Apatzingán, Michoacán es de 15 toneladas por hectárea, pero algunos productores han logrado producir hasta 45 toneladas por hectárea (Chávez, 2004). Esta gran diferencia entre el rendimiento actual y el posible sugiere la existencia de problemas posiblemente de carácter nutricional, que deben ser investigados por la importancia económica y social que este cultivo tiene en esta región (Chávez, 1998), (Cuadros 4 y 5)

Cuadro 4. Producción nacional de limón mexicano.

Superficie Sembrada	Superficie Cosechada	Producción	Rendimiento (Ton/ha)	Valor (\$/ton).
153,442.62 has	143,869.42 has	1,891,403.15 ton	13.15 ton	\$2,874.63

Fuente: SIAP-SAGARPA, 2010

Cuadro 5. Evolución de la superficie, producción y rendimiento de limón mexicano en el país.

Años	Sembrada (Has)	Cosechada (Has)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/ha)	Valor (\$/ton)
1998	94,945	85,915	972,844	11.3	1,574
1999	98,544	90,197	1,104,369	12.2	2,110
2000	95,601	91,298	1,229,174	13.5	2,264
2001	93,850	87,476	1,100,677	12.6	1,318
2002	93,703	85,204	1,200,116	14.1	1,409
2003	92,052	85,788	1,173,455	13.7	1,824
2004	98,536	94,209	1,270,219	13.5	1,646
2005	96,742	92,675	1,246,485	13.5	1,433
2006	98,102	92,593	1,328,184	14.3	1,700
2010	153,442.62	143,869.42	1,891,403.15	13.15	2,874.63

Fuente: FAOSTAT, 2008

2.2. EL NITRÓGENO COMO ELEMENTO DE IMPORTANCIA

2.2.1 FIJACIÓN DEL NITRÓGENO ATMOSFÉRICO.

El nitrógeno atmosférico se puede fijar mediante la simbiosis que puede ocurrir con casi todas las leguminosas, aunque plantas de otra familia pueden ser capaces de exhibir dicho fenómeno (*Betulaceae*, *Eleagnaceae*, *Coriaceae*, *Rhamnaceae*, *Casuarinaceae*). *Rhizobium* es una bacteria involucrada en la simbiosis con leguminosas, ella fija nitrógeno atmosférico cediéndolo a la planta y en cambio recibe carbono orgánico fijado por la planta mediante la fotosíntesis. Es una bacteria aeróbica que cuando se encuentra en estado libre tiene forme de bastón, no produce esporas y no es capaz de fijar nitrógeno atmosférico. La infección ocurre cuando la raíz secreta un estímulo para la multiplicación de la bacteria; a continuación la bacteria secreta ácido indolacético que dobla el pelo radical, ocurriendo la infección solo en las células tetraploides. En soya, las células susceptibles de ser infectadas por *Rhizobium japonicum* se ubican entre la punta de la raíz y el último pelo radical. La infectividad de esta molécula es transitoria y se pierde en pocas horas. La respuesta de la planta hospedera, que conduce a la infección y nodulación, se inicia después de dos horas después de la inoculación (Bhuvaneswari *et al.*, 1980).

Si las condiciones son favorables para la fijación del nitrógeno, el primer nitrógeno fijado se localiza en la membrana celular infectada, luego en el protoplasma y finalmente en el bacteroide. Los nódulos activos en la fijación muestran un color rosado debido a la presencia de leghemoglobina, sustancia responsable de conservar un microambiente anaeróbico para la fijación de nitrógeno atmosférico. Hardy *et al.*, (1968).

2.2.1.1 Fijación de nitrógeno atmosférico por organismos no simbióticos

Los organismos más importantes, capaces de llevar este tipo de fijación, son bacterias del género: *Clostridium*, *Azotobacter*, *Rhodospirillum*, *Beijerinckia*, *Derxia*; y hongos: genero *Phoma*, también Algas: Cianofíceas (azul-verdes) de las familias *Nostocaceae* y *Oscillatoriaceae*.

La cantidad de nitrógeno atmosférico fijada por organismos no simbióticos, normalmente oscila entre 5 y 50 kg./ha/año. Según las condiciones ambientales y el tipo de organismos involucrados. Los requerimientos para una buena fijación de nitrógeno mediante este proceso, son los siguientes:

1.- *Una fuente sencilla de energía.*- Los organismos autotróficos quedan excluidos de este requisito (*Rhodospirillum* y las algas azul-verdes), ya que son capaces de aprovechar el carbono del CO₂ del aire. Los organismos heterotróficos normalmente requieren de 50 a 100 kg de material carbonaceo de fácil descomposición (azúcares, ácidos orgánicos) para fijar un Kg. de nitrógeno.

2.- *Suelo razonablemente libre de otras bacterias que compitan por nutrientes.* Esta exigencia, junto con la anterior, son las dos mas importantes en la magnitud del fenómeno.

3.- *Bajo contenido de nitrógeno aprovechable en el suelo.* Si el medio es rico en nitrógeno aprovechable, la fijación se restringe tal como sucede con los organismos simbióticos y el nitrógeno se toma directamente del suelo. El amonio es represor de la síntesis de nitrogenasa; sin embargo, hay mutantes de *Azotobacter* que producen nitrogenasa en presencia de amonio (Ardí y Havelka, 1975).

2.2.1.2 FIJACIÓN ARTIFICIAL DE NITRÓGENO ATMOSFÉRICO.

Se trata de la síntesis de fertilizantes químicos nitrogenados, cuyo uso se ha popularizado en México a mediados del siglo XX. Las materias primas utilizadas son el nitrógeno del aire y el gas natural cuya combustión proporciona Hidrógeno. Con estos dos elementos reaccionando a alta presión y temperatura se sintetiza el amonio (NH_4) que a su vez sirve de base para la fabricación de todos los demás fertilizantes nitrogenados (Bacon, 1990).

2.2.2 EL NITRÓGENO EN EL SUELO.

2.2.2.1 PÉRDIDAS DE NITRÓGENO ASIMILABLE EN EL SUELO.

Los procesos mediante los cuales se pierde el nitrógeno asimilable del suelo temporal o definitivamente, son los siguientes:

a).- Absorción por las plantas superiores. El objeto de tener nitrógeno asimilable en el suelo, en última instancia es su absorción por las plantas cultivadas; por lo tanto, deberá evitarse la competencia con las malas hierbas y proporcionarse este nutrimento en la forma que se traduzca en máximo rendimiento (Bacon, 1990).

b).- Erosión. Normalmente el horizonte superficial del suelo es mas rico en nitrógeno y otros nutrimentos requeridos por las plantas, a ello se debe que la erosión sea un factor importante en el abatimiento de la fertilidad de los suelos (Bacon, 1990).

c).- Lixiviación. La lixiviación puede representar una pérdida temporal de nitrógeno aprovechable del suelo cuando éste ha sido trasportado fuera de la zona de las raíces,

pero tiene la posibilidad de volver a las capas superiores, en el agua de ascenso capilar. Por el contrario, será una pérdida definitiva y una fuente de contaminación si el nitrógeno aprovechable llega a mantos freáticos que posteriormente alimentan corrientes subterráneas (Bacon, 1990). La intensidad de lixiviación depende de las características del suelo y del clima, así como de la forma del nitrógeno asimilable, a saber:

1.- Permeabilidad del suelo: suelos arenosos, altamente permeables, están expuestos a perder su nitrógeno por lixiviación, por lo que será recomendable practicar en ellos el fraccionamiento de la fertilización nitrogenada o la aplicación de otras prácticas tendientes a la conservación del nitrógeno en el suelo, como son el uso de fertilizantes de liberación lenta o de inhibidores de nitrificación.

2.- Disponibilidad del agua: en regiones lluviosas o en terrenos bajo riego donde se utilicen grandes láminas de agua, el peligro de lixiviación es mayor.

3.- Forma de nitrógeno asimilable en suelo: la mayor parte del nitrógeno asimilable en suelo se encuentra en forma nítrica o amoniacal. El nitrato por su carácter aniónico es más fácilmente lixiviable y por ello cobra aquí mayor importancia el fenómeno de nitrificación, cuya naturaleza y condiciones se discuten a continuación. Warrington descubrió que la nitrificación se realiza en dos procesos: el primero llamado nitrificación, que consiste en el paso del amonio a nitritos. La nitratación es un fenómeno micro biológico llevado a cabo por *nitrosomonas* y *nitrosococcus*, organismos autotróficos aeróbicos que utilizan la energía liberada en la oxidación del amonio. Se

aprecia también la formación de nitritos que cuando se acumulan en el suelo llegan a ser tóxicos para las plantas. Se observa, además, la liberación de iones hidrógeno, causantes del carácter ácido de esta reacción, responsable del efecto residual ácido de los fertilizantes amoniacales.

Las condiciones favorables para la nitrificación son:

1. *Reacción del suelo.*- existe un amplio margen de pH para que la nitrificación se lleve a cabo, abarcando valores desde 5.5 hasta 10; sin embargo, el pH óptimo está alrededor de 8.5

2. *Aireación del suelo.*- Tratándose de que los organismos responsables son aeróbicos las reacciones son fundamentales de oxidación, se requiere de oxígeno disponible para su realización. Su concentración óptima en la fase gaseosa del suelo es de 20%

3. *Población de organismos nitrificantes.*- Normalmente estos organismos están presentes en el suelo (excepto en los suelos inundados), dependiendo su actividad en las condiciones del medio.

4. *Temperatura.*- Tratándose de reacciones microbiológicas, su velocidad está directamente influenciada por la temperatura, con un óptimo entre 27 y 35°C. (Chandra, 1962). En 24 días de incubación encontró una nitrificación de 100% del amonio agregado al suelo cuando la temperatura fue de 27 °C el porcentaje de nitrificación descendió a 59% y 29% cuando las temperaturas fueron de 16 y 5 °C respectivamente.

5. *Humedad*.- (Parker y Larson, 1962) encontraron reducción en la nitrificación a esfuerzos de humedad inferiores a 0.05 atmósferas (Izaguirre y Fernández, 1963) encontraron también abatimientos en la nitrificación al descender la humedad del suelo de capacidad de campo (CC) a punto de marchitamiento permanente (pmp).

6. *disponibilidad de nutrimentos*.- Se requiere de suficiente amonio como sustrato, así como de calcio, fósforo y de otros nutrimentos demandados por los microorganismos responsables (Chandra, 1962).

2.2.3 EL NITRÓGENO EN LAS PLANTAS.

El nitrógeno tiene una marcada influencia en el crecimiento y producción del limón mexicano, ya que forma parte de las proteínas, clorofila y otros procesos metabólicos; los cítricos necesitan el nitrógeno en mayor proporción que el fósforo y el potasio, por el gran consumo que hacen del mismo.

El suelo esta provisto de nutrimentos y microorganismos que participan en diferentes ciclos biológicos, que permiten el movimiento e intercambio de iones entre el suelo y las plantas. Estas últimas adquieren los nutrimentos esenciales para su desarrollo principalmente a través de las raíces. La capacidad de nutrimentos disponibles para la planta depende, en gran medida, del tipo de suelo, de la fijación de las partículas coloidales, la concentración de éstos en la solución de suelo y la capacidad de absorción de la raíz (Navarro y Navarro, 2000) principalmente de las jóvenes con la participación de los pelos radicales.

Los procesos y factores que contribuyen a la transferencia de los nutrimentos del suelo a las plantas son variados e involucran a la raíz, la concentración de los iones en la rizósfera, el ambiente y la actividad de los microorganismos del suelo.

Debido al continuo desarrollo del sistema radicular para explorar y explotar nuevas zonas del suelo, las raíces son capaces de crecer, en proporciones mucho mayores a las distancias que pueden difundir los iones a través del suelo. Es probable que las raíces jóvenes estén, generalmente rodeadas de mayor concentración de nutrimentos que las raíces maduras, lo que favorece la absorción nutrimental. En el acceso de los nutrimentos hacia la raíz, es decir, la forma en la que llegan a la zona del rizoplasma se plantean tres rutas: acceso por intercepción, acceso por flujo de masas y acceso por difusión; cada una con características específicas (Navarro y Navarro, 2000).

2.2.3.1 INTERCEPCIÓN.

De esta ruta de acceso de un ión adsorbido electrostáticamente, ya sea por la raíz o por el coloide, no queda retenido con demasiada fuerza sino que oscila dentro de un determinado y pequeño volumen, permitiendo un estrecho contacto entre la raíz y los coloides del suelo (Brady y Welli, 1999). La planta crece y como consecuencia de su metabolismo excreta ácido carbónico por las raíces, el que al estar en contacto con la solución de suelo se disocia; los protones difunden hasta el coloide y tienen la capacidad de intercambiarse por otros cationes que se encuentran adsorbidos en éste. El intercambio ocurre en una distancia no mayor de 5 nm entre la raíz y el coloide

En este tipo de acceso juegan un papel importante el tipo de cultivo, el desarrollo de la raíz, (que ocupa en promedio de 0.7 a 0.9% del volumen del suelo en donde crece),

la morfología de ésta, y la concentración del nutrimento en el suelo. Para evaluar el acceso por intercepción se deben tomar en cuenta varios aspectos incluyendo la concentración de nutrimentos depositados en la rizósfera, el volumen que ocupa la raíz en relación al suelo donde ésta se desarrolla, la voracidad del suelo y en consecuencia la densidad del suelo (Brady y Wel, 1999).

2.2.4 EL NITRÓGENO Y SU IMPACTO EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL LIMÓN MEXICANO

En los árboles jóvenes se pueden apreciar los síntomas con un escaso desarrollo y en los árboles adultos con una baja producción, amarillamiento de hojas y frutos con maduración prematura (Embleton, 1976). Es importante señalar que, en el caso de los cítricos las cantidades de nitrógeno y potasio absorbidos se incrementan de manera continua y constante hasta el periodo de maduración, lo cual indica que estos nutrimentos son requeridos durante todo el periodo de crecimiento del fruto. El fósforo y el magnesio son requeridos en mayor proporción durante el primer periodo de crecimiento del fruto, siendo luego constante su crecimiento hasta la maduración. El calcio por su parte es requerido durante la primera y la tercera etapa de crecimiento del fruto, es decir, durante la etapa de formación del fruto (“cerillo”) y en la formación de las semillas y madurez fisiológica (Cohen, 1976).

2.3.- NUTRICIÓN DEL LIMON MEXICANO.

2.3.1 CRITERIOS DE FERTILIZACIÓN EN EL VALLE DE APATZINGÁN.

En el estado de Michoacán y en particular en el valle de Apatzingán los fertilizantes más utilizados son el sulfato de amonio, con el cual fertilizan el 77.6% de los productores; la urea el 21.6%; el fosfonitrato el 13.6%; y con la formula (18-46-00) fertilizan el 12.8%. Otros fertilizantes de menor importancia que se aplican son el nitrato de potasio, cloruro de potasio y nitrato de amonio entre otros (Maldonado, 2003) (cuadro 6).

Cuadro 6.- Fertilizantes utilizados en la producción de limón mexicano (%).

Nombre comercial	Preferencia de aplicaciones (%)
18-46-00	8
Cloruro de potasio	6.4
Formula	12.8
Fosfonitrato	13.6
Nitrato de amonio	11.2
Nitrato de potasio	4
Sulfato de amonio	77.6
Sulfato de potasio	3.2
Urea	21.6
Triple 17	10.4

(Maldonado, 2003).

2.3.2. FERTILIZACION DEL LIMON CON BASE A EXTRACCION NUTRIMENTAL

De acuerdo con los estudios realizados por Maldonado (2003), las cantidades de nutrientes extraídos por el cultivo de limón mexicano varían de acuerdo al clima y a las características físico-químicas del suelo (cuadro 7). En los estudios realizados en el valle de Apatzingán, el limón mexicano extrajo más potasio que cualquier otro de los nutrimentos seguido por nitrógeno, calcio, fósforo y magnesio. Al respecto, Koo (1984) indico que el potasio es el más abundante en el jugo de los cítricos, ya que tiene relación con el grado de acidez, la concentración de vitamina “C”, y el tamaño del fruto. Cuando el nivel de potasio en los frutos es deficiente aumenta la relación de sólidos solubles y la acidez (Cohen, 1976).

Cuadro 7. Nutrimentos extraídos por tonelada de fruta fresca (Maldonado, 2003)

Cítricos	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	Kg					G				
Lim.mex.	1.86	0.662	2.728	1.169	0.164	3.41	1.31	1.74	1.44	3.30

2.3.3. ANÁLISIS DE NITRÓGENO EN EL EXTRACTO CELULAR DE PECIOLO (SAVIA).

El análisis foliar o de tejidos vegetales es una herramienta esencial para el diagnóstico nutricional de huertos frutales. Consiste en medir el contenido total de los nutrientes presentes en las hojas o parte de la planta, a través de procedimientos químicos específicos. El análisis foliar se considera actualmente como una referencia indispensable para determinar tanto las necesidades de fertilización de las plantaciones como los estados carenciales de microelementos. Esto se debe a que los análisis foliares dan una indicación precisa de la absorción de los diferentes elementos por la planta, ya que las hojas son muy sensibles a los cambios de composición del medio nutritivo. Este análisis, complementado con un análisis de suelo y la observación permanente de los factores de manejo del huerto, le permiten al agricultor ajustar las dosis de fertilizantes en su plan de fertilización, (Legaz, 1995).

2.3.4. ANÁLISIS DE NITRÓGENO EN LA SOLUCIÓN DE SUELO.

El análisis del suelo es una práctica usual, ampliamente aceptado como informativo y como una parte esencial de cualquier programa de manejo adecuado. Este análisis entrega una estimación de fertilidad del suelo ya que solamente se analiza una muy pequeña muestra que representa todo el suelo del predio, por ende el análisis de fertilidad de suelo debe ser complementado con análisis de fertilidad foliar.

La fertilidad de un suelo esta relacionada con la disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas. Esta depende de un complejo equilibrio de macro y microelementos minerales esenciales para las plantas. Los tres mas importantes son nitrógeno, fosforo y potasio si estos macroelementos se encuentran en niveles disponibles adecuados en el suelo, generalmente el resto de los nutrientes también lo esta. Por otro lado se debe considerar que la fertilidad del suelo no es constante en el espacio y el tiempo. Así, cuando se realiza un análisis de suelo, además de la fertilización global, otros factores como la profundidad y el momento de muestreo tienen un gran factor sobre el resultado de la evaluación.

Usos

La importancia del análisis de fertilidad de suelo radica en términos productivos en la utilidad que éste prestara al agricultor, algunas de estas utilidades son:

- Evaluación de la disponibilidad de nutrientes que presenta el suelo.
- Establecer programas de fertilización adecuados.
- Minimización de costos al determinar las dosis de fertilizantes correctas a aplicar (Legaz, 1995).

3. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de diferentes soluciones nitrogenadas en el cultivo de limón mexicano, en las condiciones ambientales de Apatzingán Michoacán.

3.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el efecto de diferentes dosis de urea (46 % de N) en el rendimiento de fruto de limón mexicano bajo condiciones ambientales del Valle de Apatzingán.
- Determinar la respuesta de variables edáficas y vegetativas por efecto de la adición de fertilizante nitrogenado en limón mexicano.

4. HIPOTESIS

- Al variar las adiciones de nitrógeno a base de urea en el suelo se logra incrementar el rendimiento de fruta de limón mexicano
- Se logra tener un efecto positivo en las variables edáficas y vegetativas haciendo uso de una fertilización nitrogenada eficiente y oportuna en el limón mexicano, mejorando el rendimiento y la calidad de fruta comparado con lo reportado para el valle de Apatzingán.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 UBICACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL

El trabajo experimental se desarrolló en el ejido la Concha, del municipio de Apatzingán, Michoacán en el huerto denominado la Pinzanera, geográficamente se localiza a 19° 04' 25.4" de Latitud Norte y -102° 26' 25.6" de Longitud Oeste y una altitud de 254 msnm (INEGI, 1983).

5.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio presenta un clima $Bs_1(h')w(W)$ que corresponde al grupo de climas cálidos semisecos (el más húmedo de los cálidos semisecos), con lluvias en verano; la temperatura y precipitación media anual es de 28° C y 834 mm respectivamente (García, 1988).

5.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar compuesto de 4 tratamientos y 4 repeticiones, la distribución en campo se muestra en la figura 1. Cada tratamiento se conformó de dos árboles, en total fueron 32 árboles seleccionados de manera aleatoria. En el cuadro 8. Se muestran las características de los tratamientos evaluados

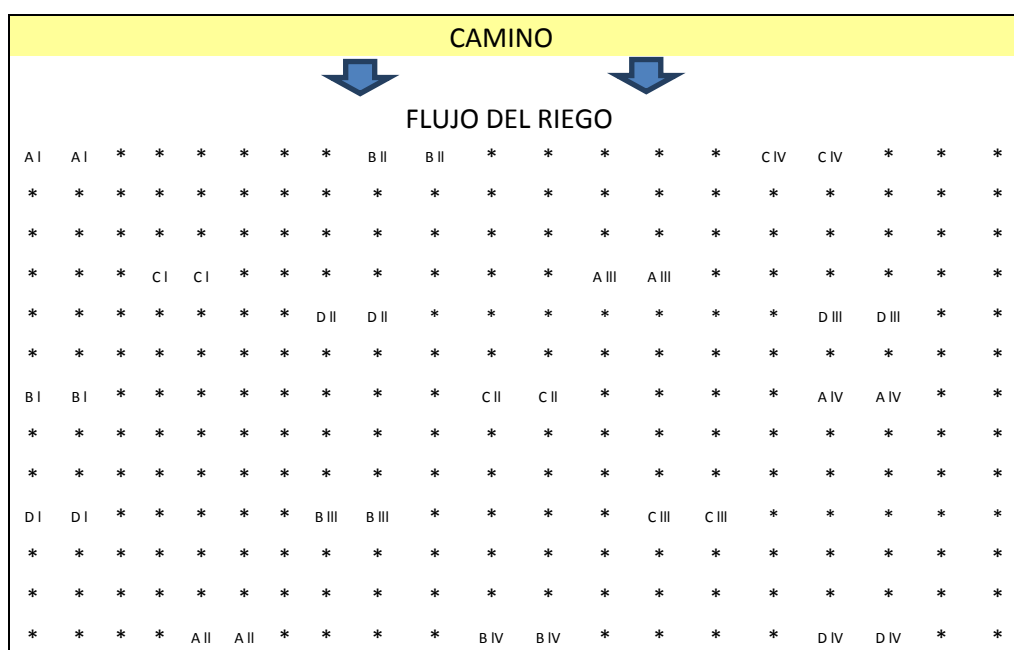


Figura 1. Distribución de tratamientos evaluados, ejido la Concha, 2009.

Cuadro 8. Descripción de los tratamientos evaluados

TRATAMIENTOS	Producto	Cantidad aplicada por árbol (g)	No. De aplicaciones (intervalo c/15 días)
A	Urea (46% N)	41.66	12
B	Urea (46% N)	83.33	12
C	Urea (46% N)	125	12
D	Testigo	-	-

5.4. MATERIAL VEGETAL

Se utilizaron arboles de limón mexicano de 8 y 10 años de edad, injertados sobre porta injerto (patrón) *Citrus macrophylla*.

5.5. ACONDICIONAMIENTO DE LA PARCELA EXPERIMENTAL

Se preparó la parcela experimental dando una poda de saneamiento a los árboles eliminando los “chupones” y ramas secas, posteriormente se rastreo y se eliminaron las malezas sobre los caminos de la huerta para al final hacer (4) pozos uno en cada esquina del área de goteo para la aplicación del fertilizante, una vez que se realizaron estos trabajos, se procedió a marcar los arboles con cintas de colores según el tratamiento utilizado.

5.6. MANEJO DEL CULTIVO

En el manejo del cultivo se siguieron las recomendaciones establecidas por INIFAP (Tecnología Produce Limón en Michoacán, 1998), y practicas particulares como son adiciones de acido sulfúrico en el riego para mantener el pH del suelo.

5.7 VARIABLES A EVALUAR

Con intervalos variables (9-20-35-50-72-87-102-115-129-143-153-162-190-209 días después de la poda ddp) se registraron los datos de las siguientes variables:

- Longitud de brotes. Los brotes se midieron con una cinta métrica desde la base hasta el ápice de la hoja más larga, en centímetros.
- Numero de brotes. Se contabilizaron los brotes con los que cuenta una rama permanentemente.

- Rendimiento por árbol. En periodo de cosecha se colectaron frutos de los arboles, pesando en cada una de las fechas de corte el rendimiento por árbol de cada uno de los tratamientos, el peso promedio, se registro en kilogramos.

En el periodo de estudio se muestrearon los tratamientos evaluados, para ello se colectó una muestra de suelo y de tejido por mes, en las cuales se obtuvieron las siguientes variables:

- El pH de suelo, el procedimiento para determinar este parámetro consistió en preparar una pasta o solución de suelo con 300 gramos de suelo y 100 mililitros de agua destilada, se preparó la mezcla y se colocó el extractor de solución de suelo (chupatubos) se saco la solución de suelo del chupatubos y se analizó el pH con la ayuda de un potenciómetro manual (Hanna® modelo pH) haciendo todos los análisis en campo con equipos portátiles, registrando los valores.
- El nitrógeno (N) y el potasio (K) en suelo, el procedimiento para determinar estos parámetros consistió en preparar una pasta o solución de suelo con 300 gramos de suelo y 100 mililitros de agua destilada, se preparó la mezcla y se colocó el extractor de solución de suelo (chupatubos) se saco la solución de suelo del chupatubos y se analizó con la ayuda de los ionómetros manuales (Hanna® modelo N 5500 y K 650 respectivamente) registrando los valores.
- El nitrógeno (N) y el potasio (K) foliar, el procedimiento para determinar estos parámetro consistió en colectar de 10 a 15 pecíolos de hojas de mediana vida de cada uno de los arboles muestreados, machacarlos dentro de una bolsa ziploc con unas pinzas de presión y posteriormente colocar una gota de este jugo de pecíolo en los electrodos de los ionómetros registrando los valores

5.8. ANÁLISIS DE DATOS

Los análisis practicados de las diferentes variables se procesaron mediante análisis de varianza, según el diseño experimental propuesto, para ello se utilizó el paquete estadístico SAS (1997).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 9, se muestra la variable pH del suelo influenciado por los tratamientos evaluados. Como se aprecia, los análisis de varianza practicados no fueron significativos en ninguna fecha de muestreo, esto es, que la aplicación de diferentes dosis de urea no influyó desde el punto de vista estadístico. Sin embargo, de manera general se resalta que a los 20, 35 y 199 ddp, los valores tendieron a incrementar, cuyos valores fluctuaron entre 7.02 y 7.78.

Cuadro 9. Comportamiento del pH en el suelo por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano.

TRATAMIENTOS	DIAS DESPUES DE LA PODA (DDP)				
	9	20	35	162	199
A	7.19 a*	7.98 a	7.51 a	7.61 a	7.46 a
B	6.82 a	7.66 a	7.48 a	6.58 a	6.90 a
C	7.12 a	7.87 a	7.72 a	6.60 a	7.37 a
D	7.51 a	7.91 a	7.53 a	5.87 a	7.63 a
DMS	0.874	0.567	0.756	2.112	0.711
CV	5.81	3.43	4.76	15.0.92	4.614

*Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05). DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación.

Por otra parte, los análisis de varianza practicados para la variable conductividad eléctrica del suelo (C. E.) a diferentes días después de la poda, con excepción de las

últimas dos fechas de muestreo (162 y 199 ddp) no presentaron diferencias estadísticas. Por su parte, las últimas dos fechas de muestreo (162 y 199 ddp) aunque estadísticamente mostraron valores diferentes son aceptables, pues no afectan a esta especie vegetal, incluso el valor de 2.67 en el tratamiento A, a 199 ddp ya que según los reportes, el limón presenta tolerancia al efecto de salinidad (cuadro 10).

Cuadro 10. Comportamiento de la C.E (ds/m) en el suelo por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano.

TRATAMIENTOS	DIAS DESPUES DE LA PODA (DDP)				
	9	20	35	162	199
A	0.99 a*	1.65 a	1.49 a	0.29 a	2.67 a
B	1.02 a	0.96 a	1.36 a	0.88 ab	1.92 b
C	0.73 a	1.38 a	1.07 a	1.22 a	0.760 c
D	0.53 a	0.98 a	1.04 a	0.91 ab	1.90 b
DMS	0.99	1.34	1.089	0.67	0.70
CV	57.46	51.32	48.72	38.57	18.51

*Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05). DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación.

Cabe la pena señalar que en el estado de Michoacán, las plantaciones de esta especie generalmente están establecidas en suelos variables que van de textura franco hasta arcillosos, con pH muy alcalinos y altas concentraciones de carbonatos y sulfatos de calcio, lo que se traduce como suelos no aptos para el cultivo de otras especies hortícolas, a menos que se hagan mejoras en la calidad de los suelos. Como se observó en el cuadro 9, los “pH’s”, son los característicos de la región, y forzosamente responden químicamente a las variaciones de las adiciones de insumos. Sin embargo, la condición de pH alcalino y alta conductividad eléctrica, se ve limitada a provocar

estreses en los árboles de esta especie por el uso generalizado de portainjertos tolerantes a salinidad (*Citrus volkameriana* y *Citrus macrophylla*) y suelos calcáreos (*Citrus aurantium*). Por otra parte, en este tipo de pH (alcalino), es muy común que haya fijación de nutrimentos, especialmente de Zn y Fe, cuyo efecto se ve reflejado bajo síntomas de deficiencia.

En el cuadro 11, los análisis de varianza practicados para la variable nitrógeno (N) en el suelo, únicamente mostraron diferencia estadística las ultimas dos fechas de muestreo (162 y 199 ddp), y se logra apreciar que los tratamientos B y C son los que presentan mayor cantidad de N, y por lo tanto mayor disponibilidad para la planta, por su parte el tratamiento D (testigo), en los dos casos mencionados, muestra valores menores a los tratamientos que se les adicionó N.

Cuadro 11. Comportamiento del nitrógeno N (ppm) en el suelo por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano.

TRATAMIENTOS	9	20	162	199
A	1425 a*	2845 a	2275 b	3175 bc
B	975 a	2425 a	2550 ab	3550 ab
C	2175 a	2125 a	3000 a	3650 a
D	2600 a	1680 a	2200 b	2825 c
DMS	1630.9	2505.7	623.18	426.36
CV	43.310	52.610	11.72	6.15

*Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05). DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación.

Para el caso del potasio (K) en el suelo (cuadro 12), los análisis de varianza practicados en su mayoría no fueron significativos, pero a los 162 y 199 ddp si hubo diferencia estadística, bajo esta observación, también se apreció que a los 162 ddp, se incrementó el nivel de K en el suelo, y en la siguiente fecha se redujo, lo que coincide con la actividad correspondiente al “llenado” del fruto amarrado.

Cuadro 12. Comportamiento del potasio K (ppm) en el suelo por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano.

TRATAMIENTOS	DIAS DESPUES DE LA PODA (DDP)				
	9	20	35	162	199
A	650 a*	1475 a	825 a	8775 a	500 bc
B	650 a	1200 a	775 a	9162 a	1150 a
C	750 a	1550 a	775 a	6375 b	600 b
D	625 a	1275 a	425 a	7825 ab	300 c
DMS	676.86	949.51	754.47	1377.2	242.4
CV	48.21	32.89	51.34	8.08	18.11

*Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05). DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación.

En la mayoría de los suelos donde se cultiva el limón mexicano se caracterizan por tener altas concentraciones de P, K, Ca y Mg, pero bajos contenidos de N y materia orgánica, por ello, las adiciones de N al suelo son importantes para lograr los mayores rendimientos, en el cuadro 11, se observaron concentraciones de N mayores en los tratamientos que se suministro N, comparado con el testigo, esto es, que se debe de tener en cuenta que el árbol debe de contar con cantidad de este elemento de manera que pueda ser adsorbido cuando sea requerido. Asimismo, el comportamiento del K en

el suelo, se ven alteraciones de este elemento atribuibles a la movilidad del N en el suelo, y más aun en la sincronía con la actividad del desarrollo de frutos. Aunque este elemento (K) no fue considerado en la evaluación, se presume que es un elemento importante para la actividad de la planta, particularmente en frutos. También, fue importante la aplicación efectuada de ácido sulfúrico que permite modificar la estructura química del suelo, dejando disponible al K como elemento medido, y al P.

Por otra parte, los análisis de varianza efectuados para la variable longitud de brote, se mencionan en el cuadro 13, y no fueron significativos, esto es que los tratamientos evaluados no influyeron en la respuesta fisiológica desde el punto de vista estadístico. Sin embargo, si se apreció un incremento lineal alcanzando sus máximos valores en la última fecha de muestreo (143 ddp) con 15.87 a 23.50 cm

Cuadro 13.- Comportamiento de la longitud del brote (cm) por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano.

TRATAMIENTOS	DIAS DESPUES DE LA PODA (DDP)						
	9	20	34	50	87	115	143
A	10.00 a*	10.50 a	11.40 a	11.90 a	12.80 a	14.90 a	15.90 a
B	14.90 a	15.10 a	17.20 a	20.60 a	21.10 a	21.50 a	23.00 a
C	13.00 a	14.10 a	15.80 a	18.30 a	19.30 a	19.90 a	23.50 a
D	12.40 a	13.60 a	15.50 a	18.00 a	19.00 a	21.00 a	22.00 a
DMS	9.16	10.61	12.32	13.03	13.87	12.62	13.61
CV	34.76	37.90	39.22	37.39	36.65	31.13	30.74

*Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05). DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación.

Al igual que la variable anterior, los análisis de varianza para la variable número de brotes (cuadro 14), no se detectaron diferencias estadísticas, y al igual que la variable anterior, el desarrollo fue lineal hasta alcanzar la última fecha con 14.25 a 18.75 brotes.

Cuadro 14. Comportamiento de la variable número de brotes por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano.

TRATAMIENTOS	DIAS DESPUES DE LA PODA (DDP)						
	9	20	34	50	87	115	143
A	7.50 a*	8.75 a	9.50 a	10.25 a	14.25 a	15.50 a	16.25 a
B	10.00 a	10.5 a	13.00 a	14.50 a	14.75 a	15.25 a	16.00 a
C	6.00 a	6.00 a	6.75 a	7.00 a	9.25 a	13.25 a	14.25 a
D	8.25 a	7.75 a	11.25 a	13.00 a	14.50 a	16.50 a	18.75 a
DMS	5.74	6.54	7.67	7.98	8.80	8.93	9.85
CV	34.45	37.76	36.12	34.01	31.81	28.14	28.76

*Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05). DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación.

En las variables previamente mencionadas (longitud de brotes y número de brotes), la respuesta se considera poco estable, pues teóricamente debería de haber un efecto claro, sin embargo, se dificulta en campo mantener controladas todas las variables ajenas al efecto del N, no obstante, es de resaltar que en ambas variables el efecto fue lineal, lo que se interpreta como un evento fenológico a través del tiempo.

Para el caso de concentración de N en hojas, se muestra en el cuadro 15, en esta variable los análisis de varianza practicados presentaron diferencias en la mayoría de las fechas muestreadas (20, 102, 129 y 153 ddp). Aunque la tendencia de mayor concentración de N se vio reflejada en las fechas mencionadas, en los tratamientos A y B siempre sobresalieron a diferencia del resto de tratamientos.

Cuadro 15. Comportamiento del nitrógeno (N) en las hojas por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano.

TRATAMIENTOS	DIAS DESPUES DE LA PODA (DDP)							
	9	20	35	72	102	129	153	190
A	1350 a*	2550 ab	2450 a	2875 a	2400 a	2675 a	2025 d	1600 a
B	1600 a	2550 ab	2275 a	2425 a	1850 b	1575 c	3025 b	2000 a
C	2150 a	3500 a	2125 a	2425 a	2625 a	2200 b	6950 a	2100 a
D	2025 a	1975 b	2200 a	2400 a	2650 a	1925 b	6400 a	2000 a
DMS	841.34	1147.80	413.24	594.53	448.4	344.14	2664	857.02
CV	22.49	20.68	8.70	11.18	8.97	7.82	27.58	21.20

*Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05). DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación.

Respecto a la concentración de K en hojas presentado en el cuadro 16, los valores fueron estadísticamente significativos en su mayoría, con excepción de las fechas de muestreo 9 y 102 ddp, a pesar de tales diferencias estadísticas, el comportamiento se muestra muy inestable.

Cuadro 16. Comportamiento del potasio (K) en las hojas por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano.

TRATAMIENTOS	DIAS DESPUES DE LA PODA (DDP)							
	9	20	35	72	102	129	153	190
A	3150 a*	2575 b	2475 a	3350 ab	3000 a	5000 c	2900 b	1500 d
B	3525 a	5325 ab	2075 ab	3350 ab	2925 a	9200 a	3650 ab	3025 c
C	4375 a	4325 a	2300 ab	2925 b	3175 a	5875 b	3950 a	4125 b
D	3700 a	2550 b	1925 b	3500 a	3225 a	6425 b	3150 ab	5150 a
DMS	1437.3	1652.1	515.1	509.73	536.07	745.9	925.03	800.52
CV	18.56	24.26	11.18	7.40	8.28	5.36	12.91	11.05

*Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05). DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación.

El análisis foliar, es una herramienta útil para conocer la concentración de determinado elemento en el interior la planta, con ello, se corrobora el traslado de elementos de manera eficiente desde el suelo, lo que facilita la toma de decisiones en los suministros de fertilizantes. Los resultados obtenidos, reflejan inestabilidad de los elementos N y K, pues se ven influenciados por la constante actividad fisiológica del árbol. Cabe la pena señalar, que el elemento N es altamente movable en el interior de la planta, por lo que es atribuible su alta o baja presencia en la concentración de las hojas durante las diferentes fechas de muestreo. Asimismo el K, es de señalar que la planta lo moviliza a la actividad fisiológica del fruto.

Con relación a la variable rendimiento de fruto, los análisis de varianza efectuados en las diferentes fechas de muestreo, no mostraron diferencias estadísticas, sin embargo como se observa, se aprecian dos flujos marcados de mayor colecta de fruto rendido (87 y 209 ddp). Asimismo, de manera general en su mayoría se mostró al testigo (tratamiento D), por debajo de los tratamientos manejados con adiciones de N.

Cuadro 17. Comportamiento del rendimiento (kg/árbol) por efecto del tratamiento de urea en el limón mexicano.

TRATAMIENTOS	DIAS DESPUES DE LA PODA (DDP)			
	87	115	143	209
A	24 a*	20 a	17 a	20 a
B	22 a	20 a	21 a	28 a
C	28 a	24 a	21 a	26 a
D	17 a	18 a	20 a	21 a
DMS	18.43	24.98	22.02	23.59
CV	44.77	67.34	61.62	54.89

*Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05). DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación.

De igual forma, al concentrar los datos relacionados con el rendimiento (cuadro 18), se puede apreciar que la tendencia de mayor rendimiento se alcanzó con el tratamiento C (urea 125 g/árbol por 12 aplicaciones cada 15 días), alcanzando un rendimiento estimado de 15,444 kg/ha ó 99 kg/árbol. Seguido tratamiento B (urea 83,33 g/árbol por 12 aplicaciones cada 15 días).

Cuadro 18. Rendimiento por árbol y por hectárea al momento de la cosecha

TRATAMIENTO	Rendimiento/árbol	Rendimiento/ha población de 156 arboles
	kg	
A	81	12,636
B	91	14,196
C	99	15,444
D	76	11,856

El N es el elemento que mayor influencia tiene sobre la producción de la fruta de limón, por lo que es indispensable su adición de manera constante. El P y el K presentan menor influencia sobre el rendimiento, pero su efecto se ve de manera clara en la calidad de la fruta, principalmente en la acidez, porcentaje de jugo, contenido de ácido ascórbico y tamaño de fruto, también reduce el grosor de la cascara. Existe poca información para obtener la cantidad y épocas de aplicación de fertilizantes, sin embargo en este estudio se presentan resultados que pueden ser utilizados con base a un criterio alternativo, esto es que de manera práctica es posible adoptar el tratamiento que mejor convenga a las necesidades y metas que se fijen en la producción de limón. Por ejemplo, a mayor rendimiento, mayor suministro de fertilizante (urea) tratamiento C, pero también mayor costo de producción; rendimiento módico, tratamiento A (menor fertilizante y menor costo de producción) (cuadro 18).

7. CONCLUSIONES

Las características del suelo, con excepción de la variable pH del suelo, en el resto de variables (C, E., N y K en el suelo) en las dos últimas fechas muestreadas los análisis de varianza fueron significativos, y particularmente los tratamientos adicionados con N superaron al testigo.

Las variables fenológicas número y longitud de brotes no se vieron influenciadas por efecto de tratamientos desde el punto de vista estadístico, pero si mostraron un desarrollo lineal a través del tiempo.

La concentración de N en las hojas, al igual que el K, presentaron un comportamiento inestable, mismo que se vio influenciado por la constante actividad fisiológica del árbol, y la respuesta no fue clara bajo las condiciones del estudio.

Aunque estadísticamente el rendimiento de fruto no fue significativo, bajo las condiciones evaluadas se pudieron alcanzar cuatro cortes.

Entre los tratamientos evaluados la tendencia de mayor rendimiento se obtuvo en los tratamientos adicionados con N, entre estos sobresalió el tratamiento C logrando obtener 15,444 kg/ha.

8. LITERATURA CITADA

Ardi y Havelka. 1975. Total nitrogen. pp. 1149-1178 in: Black, C.A. (ed). Methods of soilanalysis. Part. 2. Agronomy 9. American Society of agronomy. Madison, WI.

Bacon. S. 1972. Nitrogen Mineralization Potentials of Soil. Sc. Soc. Am. Proc. 36: 465-472

Bardy y Weli. 1999. Soils and Nutrition. pp. 21-46 in Timer, L.W. y L.W. Duncan (eds) Citrus health management. The American Phitopathological Society. Press. St. Paul, MN.

Chandra. G. 1962. Leaf analysis en citrus fertilitation. The California Citrograph 50 Ziverside, CA.

Chávez C. X. 1998. Tecnología Produce Limón Mexicano en Michoacán. Fundación Produce Michoacán. Gobierno del Estado de Michoacán. E INIFAP.

Chávez C. X., 1996. Manual para la Producción de Limón en el valle de Apatzingán, Michoacán. Agenda Técnica No. 3 INIFAP., Paracuaro, Michoacán, México.

Coelim, Fundación Produce Michoacán, A.C. "El Clúster Hortofrutícola del Valle de Apatzingán, Michoacán" 2006.

Cohen, A. 1976. Citrus Fertilization. International Potash Institute Bern, Switzerland.

Davies. F. S. y L. G. Albrigo 1988. Citrus Corp. Production Science in Horticulture. CAB International. Miami, FL.

Embleton, T.W., W.W. Jones y R.G. Platt. 1976. Leaf analysis as a diagnostic tool and guide to fertilitation. pp. 4-9 in: H.M. Reisenaver(ed.) Soil Berkeley, CA.

FAOSTAT, 2010. Archivo Electrónico www.faostat.org.mx

Galum. E. 1988. Principles of plant nutrition. pp. 295-491 International Potash Institute. Switzerland.

INEGI. 1983. Carta Edafológica E. 13-3. Escala 1: 250,000. Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática. México.

Koo, R.C.J. 1984. Recommended Fertilizers and nutritional sprays for citrus. Bulletin 536 D. Agricultural Experimental station university of Florida. Gainesville. FL.

Leal-Pinto *et al.*, 1984. Effect of girdling on the differentiation of inflorescence types and fruit set in shamouti orange trees Israel J. Bot. 37. 173-180.

Legaz. P.F. y M.E. Primo 1995. Normas para la fertilización de los agrios. Folleto de divulgación 5-88 Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Dirección General de Innovación de Tecnología. Valencia, España.

Maldonado T.R., 2001. Algunos aspectos de la nutrición férrica del limón mexicano (*citrus aurantifolia christm*) Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de doctor en ciencias. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco Edo. De México.

Medina U. V. M. 1984. Fenología del limón Mexicano (*citrus aurantifolia. Chiristm swingle*)

Medina U. V. M. 2003. El cultivo del limón mexicano (*citrus aurantifolia. Chiristm swingle*) en el estado de Michoacán. Documento electrónico, Fundación Produce de Michoacán, México.

Medina, U.V.M., Robles, G.M.M., Becerra, R.S., Orozco, R.J., Orozco, S.M., Garza, L.J.G., Ovando, C.M.E., Chávez, C.X. y Félix, C.F.A. 2001. El cultivo del limón mexicano.

Navarro y Navarro. 2000. Química Agrícola. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 488 pp.

SAS Institute. 1997. SAS/STAT User's Guide. Release 6.3 Edition. Cary, North Carolina 1028 p.

Scora. A. 1988. V. Almeda y J. Ponds. Effects of girdling on alternate bearing in citrus. J. Hort. Sci. 67: 203-210.

SIACOM 2010. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. Centro de Estadística Agropecuaria. SAGARPA, México.

Sumner, M. 2000 Handbook of soil science CRC press Washington, DC.

Tanaka. 1984. Citrus fruit enlargement By means of summer girdling. J. Hort. sci. 59:119-125.

ANEXOS.

ANALISIS DE VARIANZA

Cuadro 1A.- Análisis de varianza para la variable pH suelo a los 9 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	0.964	0.321	1.85	0.191
Error	12	2.084	0.173		
Total	15	3.084			
C. V. 5.817 R ² 0.316					

Cuadro 2A.- Análisis de varianza para la variable pH suelo a los 20 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	0.230	0.076	1.05	0.404
Error	12	0.876	0.073		
Total	15	1.107			
C. V. 3.43 R ² 0.208					

Cuadro 3A.- Análisis de varianza para la variable pH suelo a los 35 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	0.142	0.047	0.37	0.778
Error	12	1.559	0.129		
Total	15	1.702			
C. V. 4.76 R ² 0.083					

Cuadro 4A.- Análisis de varianza para la variable pH suelo a los 162 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	6.11	2.037	2.01	0.166
Error	12	12.15	1.012		
Total	15	18.26			
C. V. 15.092 R ² 0.334					

Cuadro 5A.- Análisis de varianza para la variable pH suelo a los 199 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	1.179	0.393	3.42	0.052
Error	12	1.378	0.114		
Total	15	2.557			
C. V. 4.614 R ² 0.461					

Cuadro 6A.- Análisis de varianza para la variable C.E (ds/m) suelo a los 9 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	0.647	0.215	0.97	0.439
Error	12	2.673	0.222		
Total	15	3.320			
C. V. 57.46 R ² 0.194					

Cuadro 7A.- Análisis de varianza para la variable C.E (ds/m) suelo a los 20 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	1.331	0.443	1.08	0.392
Error	12	4.914	0.409		
Total	15	6.246			
C. V. 51.322 R ² 0.213					

Cuadro 8A. Análisis de varianza para la variable C.E (ds/m) suelo a los 35 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	0.571	0.190	0.71	0.565
Error	12	3.231	0.269		
Total	15	3.803			
C. V. 41.68 R ² 0.150					

Cuadro 9A.- Análisis de varianza para la variable C.E (ds/m) suelo a los 162 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	1.831	0.610	5.97	0.0099
Error	12	1.226	0.102		
Total	15	3.057			
C. V. 38.57 R ² 0.598					

Cuadro 10A.- Análisis de varianza para la variable C.E (ds/m) suelo a los 199 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	7.457	2.485	22.00	0.0001
Error	12	1.355	0.112		
Total	15	8.812			
C. V. 18.51 R ² 0.846					

Cuadro 11A.- Análisis de varianza para la variable N (ppm) en suelo a los 9 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	6406875	2135625	3.54	0.048
Error	12	7242500	603541.67		
Total	15	13649375			
C. V. 43.310 R ² 0.469					

Cuadro 12A.- Análisis de varianza para la variable N (ppm) en suelo a los 20 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	2895075	965025	0.68	0.582
Error	12	17096100	1424675		
Total	15	19991175			
C. V. 52.610 R ² 0.144					

Cuadro 13A.- Análisis de varianza para la variable N (ppm) en suelo a los 162 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	1416875	472291.67	5.36	0.0142
Error	12	1057500	88125		
Total	15	2474375			
C. V. 11.72 R ² 0.572					

Cuadro 14A.- Análisis de varianza para la variable N (ppm) en suelo a los 199 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	1705000	568333	13.78	0.0003
Error	12	495000	41250		
Total	15	2200000			
C. V. 6.154 R ² 0.775					

Cuadro 15A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en suelo a los 9 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	36875	12291.67	0.12	0.947
Error	12	1247500	103958.33		
Total	15	1284375			
C. V. 48.213 R ² 0.028					

Cuadro 16A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en suelo a los 20 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	325000	108333.33	0.53	0.670
Error	12	2455000	204583.33		
Total	15	2780000			
C. V. 32.89 R ² 0.116					

Cuadro 17A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en suelo a los 35 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	410000	136666.67	1.06	0.403
Error	12	1550000	129166.67		
Total	15	1960000			
C. V. 51.342 R ² 0.209					

Cuadro 18A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en suelo a los 162 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	16521718.75	5507239.58	12.8	0.0005
Error	12	5164375	430364.58		
Total	15	21686093.75			
C. V. 8.089 R ² 0.761					

Cuadro 19A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en suelo a los 199 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	1587500	529166.67	39.69	0.0001
Error	12	160000	13333.33		
Total	15	1747500			
C. V. 18.11 R ² 0.90					

Cuadro 20A.- Análisis de varianza para la variable longitud de brote (cm) a los 9 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	48.56	16.18	0.85	0.493
Error	12	228.87	19.07		
Total	15	277.43			
C. V. 34.76 R ² 0.175					

Cuadro 21A.- Análisis de varianza para la variable longitud de brote (cm) a los 20 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	47.79	15.93	0.62	0.613
Error	12	307.06	25.58		
Total	15	354.85			
C. V. 37.90 R ² 0.134					

Cuadro 22A.- Análisis de varianza para la variable longitud de brote (cm) a los 34 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	76.04	25.34	0.74	0.550
Error	12	413.68	34.47		
Total	15	489.73			
C. V. 39.22 R ² 0.155					

Cuadro 23A.- Análisis de varianza para la variable longitud de brote (cm) a los 50 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	167.31	55.77	1.35	0.304
Error	12	495.62	41.30		
Total	15	662.93			
C. V. 37.39 R ² 0.252					

Cuadro 24A.- Análisis de varianza para la variable longitud de brote (cm) a los 87 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	159.54	53.18	1.22	0.34
Error	12	524.18	43.68		
Total	15	683.73			
C. V. 36.65 R ² 0.233					

Cuadro 25A.- Análisis de varianza para la variable longitud de brote (cm) a los 115 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	110.56	36.85	1.02	0.418
Error	12	433.87	36.15		
Total	15	544.43			
C. V. 31.13 R ² 0.203					

Cuadro 26A.- Análisis de varianza para la variable longitud de brote (cm) a los 143 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	149.92	49.97	1.19	0.355
Error	12	504.68	42.05		
Total	15	654.60			
C. V. 30.74 R ² 0.229					

Cuadro 27A.- Análisis de varianza para la variable número de brotes a los 9 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	33.18	11.06	1.48	0.269
Error	12	89.75	7.47		
Total	15	122.93			
C. V. 34.45 R ² 0.269					

Cuadro 28A.- Análisis de varianza para la variable número de brotes a los 20 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	42.50	14.16	1.46	0.274
Error	12	116.50	9.70		
Total	15	159.00			
C. V. 37.76 R ² 0.267					

Cuadro 29A.- Análisis de varianza para la variable número de brotes a los 34 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	85.25	28.41	2.12	0.150
Error	12	160.50	13.37		
Total	15	245.75			
C. V. 36.12 R ² 0.346					

Cuadro 30A.- Análisis de varianza para la variable número de brotes a los 50 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	130.68	43.56	3.01	0.072
Error	15	173.75	14.47		
Total	15	304.43			
C. V. 34.01 R ² 0.429					

Cuadro 31A.- Análisis de varianza para la variable número de brotes a los 87 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	83.18	27.72	1.58	0.246
Error	12	211.25	17.60		
Total	15	294.43			
C. V. 31.81 R ² 0.282					

Cuadro 32A.- Análisis de varianza para la variable número de brotes a los 115 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	22.25	7.41	0.41	0.749
Error	12	217.50	18.12		
Total	15	239.75			
C. V. 28.14 R ² 0.092					

Cuadro 33A.- Análisis de varianza para la variable número de brotes a los 143 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	41.18	13.72	0.62	0.61
Error	12	264.25	22.02		
Total	15	305.43			
C. V. 28.76 R ² 0.134					

Cuadro 34A.- Análisis de varianza para la variable N (ppm) en hojas a los 9 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	1656875	552291.67	3.44	0.0520
Error	12	1927500	160625		
Total	15	3584375			
C. V. 22.49 R ² 0.462					

Cuadro 35A.- Análisis de varianza para la variable N (ppm) en hojas a los 20 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	4791875	1597291.67	5.34	0.014
Error	12	3587500	298958.33		
Total	15	8379375			
C. V. 20.68 R ² 0.571					

Cuadro 36A.- Análisis de varianza para la variable N (ppm) en hojas a los 35 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	232500	77500	2.00	0.167
Error	12	465000	38750		
Total	15	697500			
C. V. 8.70 R ² 0.333					

Cuadro 37A.- Análisis de varianza para la variable N (ppm) en hojas a los 72 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	631875	210625	2.63	0.098
Error	12	962500	80208		
Total	15	1594375			
C. V. 11.18 R ² 0.396					

Cuadro 38A.- Análisis de varianza para la variable N (ppm) en hojas a los 102 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	1656875	552291.67	12.11	0.0006
Error	12	547500	45625		
Total	15	2204375			
C. V. 8.97 R ² 0.751					

Cuadro 39A.- Análisis de varianza para la variable N (ppm) en hojas a los 129 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	2586875	862291.67	32.09	0.0001
Error	12	322500	26875		
Total	15	2909375			
C. V. 7.82 R ² 0.889					

Cuadro 40A.- Análisis de varianza para la variable N (ppm) en hojas a los 153 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	71495000	23831666.6	14.8	0.0002
Error	12	19325000	1610416.67		
Total	15	90820000			
C. V. 27.58 R ² 0.787					

Cuadro 41A.- Análisis de varianza para la variable N (ppm) en hojas a los 190 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	590000	196666.67	1.18	0.358
Error	12	2000000	166666.67		
Total	15	2590000			
C. V. 21.20 R ² 0.227					

Cuadro 42A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en hojas a los 9 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	3152500	1050833.33	2.24	0.135
Error	12	5625000	468750		
Total	15	8777500			
C. V. 18.56 R ² 0.359					

Cuadro 43A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en hojas a los 20 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	8706875	2902291.67	4.69	0.0217
Error	12	7432500	619375		
Total	15	16139375			
C. V. 24.26 R ² 0.539					

Cuadro 44A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en hojas a los 35 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	706875	235625	3.91	0.036
Error	12	722500	60208.33		
Total	15	1429375			
C. V. 11.18 R ² 0.494					

Cuadro 45A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en hojas a los 72 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	736875	245625	4.17	0.030
Error	12	707500	58958.33		
Total	15	1444375			
C. V. 7.40 R ² 0.510					

Cuadro 46A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en hojas a los 102 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	241875	80625	1.24	0.339
Error	12	782500	65208.33		
Total	15	1024375			
C. V.8.28 R ² 0.236					

Cuadro 47A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en hojas a los 129 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	39495000	13165000	104.28	0.0001
Error	12	1515000	126250		
Total	15	41010000			
C. V. 5.36 R ² 0.963					

Cuadro 48A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en hojas a los 153 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	2707500	902500	4.65	0.022
Error	12	2330000	194166.67		
Total	15	5037500			
C. V. 12.91 R ² 0.537					

Cuadro 49A.- Análisis de varianza para la variable K (ppm) en hojas a los 190 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	29315000	9771666.67	67.2	0.0001
Error	12	1745000	145416.66		
Total	15	31060000			
C. V. 11.05 R ² 0.943					

Cuadro 50A.- Análisis de varianza para la variable rendimiento (Kg) a los 87 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	313.75	104.58	1.01	0.414
Error	16	1660	103.75		
Total	19	1973.75			
C. V. 44.77 R ² 0.158					

Cuadro 51A.- Análisis de varianza para la variable rendimiento (Kg) a los 115 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	95	31.67	0.17	0.917
Error	16	3050	190.62		
Total	19	3145			
C. V. 67.34 R ² 0.030					

Cuadro 52A.- Análisis de varianza para la variable rendimiento (Kg) a los 143 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	53.75	17.91	0.12	0.946
Error	16	2370	148.12		
Total	19	2423.75			
C. V. 61.62 R ² 0.022					

Cuadro 53A.- Análisis de varianza para la variable rendimiento (Kg) a los 209 días de la poda.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Trat.	3	223.75	74.58	0.44	0.75
Error	16	2720	170		
Total	19	2943.75			
C. V. 54.89 R ² 0.076					