

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



Efecto del Nitrógeno, Fósforo y Potasio Sobre el Limón
Mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle) en Tecomán, Col.

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

P R E S E N T A

José Luis Sepúlveda Torres

GUADALAJARA, JALISCO. - 1978

A G R A D E C I M I E N T O S

Expreso mi agradecimiento al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, por permitir utilizar los datos para la realización de este trabajo.

Al Ing. M.C. Víctor Manuel Medina U., por su valiosa ayuda para llevar a feliz término la presente.

Al T.A. Agustín Lugo Curiel, por su colaboración en la elaboración de las figuras.

A la Srta. Consuelo Castañeda Vázquez, por mecanografiar el siguiente trabajo.

Al Ing. José Orozco Romero, por su apoyo y colaboración.

Al Ing. Felipe Alfonso Félix C. por la revisión.

Al Ing. Fernando Velasco Núñez, por sus opiniones y revisión.

Al Ing. M.C. Salvador Becerra Rodríguez, por su ayuda en la revisión, opiniones y hacer posible poder presentar este trabajo.

A todas aquellas personas que de una u otra forma intervinieron en su realización.

DEDICATORIA



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

A mis padres y hermanos

Al Ing. Jorge Rubén López Gómez y
Al Ing. Octavio Granados Pérez, que en todo momento me alentaron y
me hicieron grata la estancia durante los estudios profesionales. Gracias
por creer en mí.

A los productores de limón de Tecomán

A mis amigos

A la Escuela de Agricultura

A la Universidad de Guadalajara

Esta tesis fué planteada, dirigida y revisada finalmente por mi Director de Tesis y Asesores y ha sido aprobada como requisito parcial para obtener el Título de :

INGENIERO AGRONOMO

Guadalajara, Jalisco. Diciembre de 1978.

DIRECTOR :

JOSE MARIA AYALA RAMIREZ

ASESOR :

JOSE MARIA CHAVEZ ANAYA

ASESOR :

JAVIER AZPEITIA SANTOS

I N D I C E

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	1
III. REVISION BIBLIOGRAFICA	3
IV. OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS	8
V. MATERIALES Y METODOS	10
VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES	17
VII. CONCLUSIONES	34
VIII. BIBLIOGRAFIA	35
IX. APENDICE	38

LISTA DE CUADROS

	Pág.
CUADRO 1. Tratamientos ensayados en el experimento de fertilización en limonero.	14
CUADRO 2. Efecto de diferentes dosis de fertilización en el rendimiento del limón mexicano.	18
CUADRO 3. Efecto estacional en el rendimiento de limón.	26
CUADRO 4. Análisis de varianza individual del rendimiento de limón (en kg/árbol) registrados durante tres años.	39
CUADRO 5. Análisis de varianza combinado del rendimiento de limón durante tres años (en kg/árbol).	40
CUADRO 6. Rendimiento de limón en kg/árbol de los diferentes tratamientos. 1974.	41
CUADRO 7. Rendimiento de limón en kg/árbol de los diferentes tratamientos. 1975.	42
CUADRO 8. Rendimiento de limón en kg/árbol de los diferentes tratamientos. 1976.	43

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno sobre el rendimiento del limón.	23
FIGURA 2. Efecto de diferentes dosis de fósforo sobre el rendimiento del limón.	24
FIGURA 3. Efecto de diferentes dosis de potasio sobre el rendimiento del limón.	25
FIGURA 4. Efecto del número de aplicaciones en el rendimiento del limonero.	30
FIGURA 5. Promedio de tres años (1974, 1975, 1976) en las dos temporadas de mayor y menor producción.	31
FIGURA 6. Interacción años por tratamientos.	32
FIGURA 7. Rendimiento de un tratamiento fertilizado y otro no fertilizado durante un ciclo de producción, en relación al precio.	33

I. INTRODUCCION

De acuerdo con el FIDELIM (1977), la superficie cultivada con limón en el Estado de Colima, es de alrededor de 30,000 has, las cuales dan una producción de 239,000 Ton. Según Velasco (1977), la situación anterrior, convierte a Colima en la principal región productora de limón Mexicano a nivel mundial

Oseguera (1972), señala que en 1920 se inició el cultivo intensivo de este frutal, el cual se ha venido incrementando debido a las cualidades que posee para la industrialización y a la enorme demanda que tiene su consumo en fresco, así como sus derivados industriales. En ambas formas, las posibilidades del limón tanto en el mercado nacional como en el Internacional, son bastante promisorias

II. ANTECEDENTES

Dentro del Estado de Colima, al municipio de Tecomán corresponden 24,000 has. cultivadas con limonero. De esta superficie el 78% se encuentra asociada con otros frutales (palma de coco, tamarindo, mango y plátano principalmente); el 22% restante se encuentra en forma libre

Por otro lado, el 95.7% (28,800 has) de los árboles de limonero en el Estado, son de pie franco. Es decir, son árboles propagados sexualmente que provienen de semilla, los cuales son muy susceptibles a la

gomosis (*Phytophthora* spp). Esta enfermedad constituye uno de los principales problemas del cultivo.

Ultimamente, según FIDELIM (1977), se observó que la producción promedio por árbol, a nivel ejidal fué de 83.6 kg. y en la pequeña propiedad fué de 109.7 kg. Estos rendimientos bajos se deben al deficiente manejo de los huertos. Es decir, por un lado el mal control de plagas y enfermedades y por el otro, el desconocimiento de prácticas culturales adecuadas especialmente el concerniente a la fertilización.

En relación a la fertilización, el agricultor no ha uniformizado el criterio en cuanto a la fórmula que se debe aplicar. Los productores de limón han usado algunas fórmulas empíricas (18-9-18 ó 17-17-17 aplicando de 1-2 kg por árbol según sea su porte) generadas para otros cultivos distintos al limón, y en otras regiones, donde las condiciones de clima y suelo son diferentes a las nuestras. Otros agricultores fertilizan de acuerdo a su criterio e incluso algunos no fertilizan.

III. REVISION BIBLIOGRAFICA

1. Efectos del Nitrógeno

Aso (1974) y Jacob y von Uexkull (1973) señalan, que el nitrógeno es el nutrimento más importante de la fertilización de los cítricos, por su marcado efecto sobre el rendimiento y su influencia definida sobre algunas cualidades de la fruta. Además de lo anterior, según Praloran (1977), el nitrógeno es el nutrimento que más influye sobre el crecimiento. Este mismo autor indica que el número de flores se encuentra directamente vinculado con el nivel de nitrógeno en el árbol.

Smit (1969), al efectuar un estudio de fertilización en toronjo cultivar Marsh, concluyó que los rangos de nitrógeno no afectan el número de brotes producidos, pero sí el número de hojas por brote.

Aso (1974), observa que el empleo de nitrógeno es recomendado prácticamente en todas las áreas citrícolas del mundo, variando ampliamente la dosis de aplicación recomendada para una situación dada, dependiendo de varios factores, tales como la edad del árbol, su capacidad productiva y condición de clima y suelo.

González (1968) indica, que es difícil encontrar la cantidad de nitrógeno requerida por los cítricos, pero que como dato medio de carácter general se puede indicar que los árboles, para conservar las caracterís

ticas de vigor y producción necesitan recibir anualmente unos 600 g. de nitrógeno.

Aso (1974), al hacer una revisión bibliográfica exhaustiva acerca de la fertilización de los cítricos, menciona que existen muy pocas situaciones en árboles adultos en las que el uso de menos de 500 g/árbol/año sean suficientes y por otro lado, que más de 1,200 g/árbol/año sean necesarios.

Sharples y Hilgeman (1969), en un estudio conducido sobre fertilización del naranjo cultivar Valencia, encontraron que los árboles fertilizados con 450 g de nitrógeno por árbol produjeron 22% más de fruta que los árboles no fertilizados. Así mismo estos autores, al igual que Jones y Embleton (1967), observaron que el tamaño de la fruta disminuyó con el incremento de la dosis de nitrógeno.

Cassin et al (1977), encontraron efectos positivos de la fertilización nitrogenada en los rendimientos del mandarino; haciendo una aplicación de 100 kg de nitrógeno, se incrementó el rendimiento en 3.9 ton/ha.

En varios estudios, se ha reportado que el nitrógeno afecta también algunos índices de la calidad de la fruta, como son : el contenido de jugo, la acidez del fruto, la rugosidad de la piel, los sólidos solubles totales, el grosor de la cáscara y el contenido de aceite esencial (De Villiers, 1969; Embleton y Jones, 1966; Jones y Embleton, 1967, Koo y Reese,

1977; Reuther y Smith, 1954; Sharples y Hilgeman, 1969).

Además de su efecto por sí solo, el nitrógeno puede manifestar otros efectos al combinarse con otros nutrimentos. Por ejemplo, De Villiers (1969), encontró que el nitrógeno no tuvo influencia significativa en el rendimiento actuando solo, pero en presencia de fósforo o potasio sí hubo diferencia significativa.

Reese y Koo (1975), encontraron que el rendimiento de tres cultivos de naranjo se abaten cuando decrecen los niveles de fertilizante nitrógeno. El nivel más alto de nitrógeno (269 kg/ha/año), fué aparentemente excesivo para los tres cultivos de naranjo, resultando una reducción en el rendimiento cuando se comparó con el nivel inmediato inferior 202 kg/ha/año. Por otro lado, estos mismos autores observaron un efecto directo del nitrógeno y el potasio en la superficie del área de producción.

1.1 Fraccionamiento de la dosis.

Según Chandler (1962), el objetivo principal de fraccionar la dosis nitrógena en suelos arenosos no es con el fin de evitar la lixiviación, sino para tratar de evitar daños a los árboles. Porque, si se aplica el nitrógeno junto con los demás nutrimentos necesarios en una sola vez, el contenido total de sales podría resultar demasiado alto y causaría daño a los árboles, especialmente si la lluvia fuese ligera durante algunas semanas

a partir de la aplicación.

Aso (1974), en su revisión sobre fertilización en los cítricos, menciona que éstos absorben el nitrógeno durante todo el año. El mismo autor expone que, mediante el empleo del análisis foliar se ha podido observar que los períodos de mayor exigencia de nitrógeno ocurren durante la floración de primavera, brotación y cuaje de la fruta. En base a estos hechos se ha supuesto que el fraccionamiento de la dosis anual de N, podría tener efectos favorables en el rendimiento del árbol, asegurando un alto nivel de N durante estos períodos críticos.

Reuther y Smith (1954), en un experimento de fertilización conducido sobre naranjo en Florida, mostraron que la dosificación anual de nitrógeno mediante una aplicación en octubre o marzo fué tan efectiva como aplicando la misma cantidad en tres o seis aplicaciones por año.

Según Smith y Reuther (1954, citados por Jacob y von Uexkull, 1973) la época de aplicación de los fertilizantes nitrogenados parece desempeñar un papel secundario en el caso de las variedades de cítricos, ya que poseen alta capacidad de almacenamiento de nitrógeno.

2. Efectos del fósforo.

Reuther (1973), indica que son muy escasas las áreas citrícolas del mundo donde se reportan deficiencias de fósforo. El mismo autor men

ciona que este nutrimento no incrementa el rendimiento y tampoco muestra efectos sobre la calidad de la fruta.

Praloran (1977), observa que las necesidades de fósforo por los cítricos, son muy reducidos. En un experimento efectuado en Córcega, se encontró que los diversos tratamientos de fósforo tuvieron efecto benéfico después de cuatro años de su aplicación. Sin embargo, no fueron diferentes entre sí, aunque si lo fueron del testigo.

3. - Efectos del potasio.

González (1968), hace énfasis de que el abonado potásico no aumenta el número de frutos, pero sí la cantidad de la cosecha ya que aumenta la densidad del fruto, consecuencia de la mayor jugosidad de los mismos y la densidad más elevada de éstos.

Embleton y Jones (1966), observaron que al incrementar el nivel de potasio en los árboles de limón, (Citrus limon, Burm), la cáscara fue más delgada y se incrementó el porcentaje de jugos en la fruta.

Praloran (1977), hace notar que en casi todos los casos el nivel de potasio por encima de la deficiencia no influyó en la cosecha. Pero se observan pequeños incrementos el primer año, raramente los años sucesivos. El porcentaje de frutos caídos puede aumentarse con los niveles más altos de potasio y la insuficiencia de éste retrasa la maduración del fruto.

IV. OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS

1. Objetivos

De la revisión de literatura se desprende que : a) Las fórmulas de fertilización varían con las distintas latitudes, con las diferentes especies de cítricos y dentro de éstas, con la edad y/o vigor de los árboles; b) Los nutrimentos principales que afectan directa o indirectamente el rendimiento son nitrógeno y potasio; c) La respuesta en rendimiento es similar con una ó dos aplicaciones al año, que con un mayor número de ellas.

Por lo anterior y dado que no existe información de fertilización para el cultivo del limón mexicano, se desarrolló el presente experimento con los siguientes objetivos :

- 1) Encontrar la dosis que reditúe los mayores rendimientos.
- 2) Observar el efecto individual de los nutrimentos sobre el rendimiento.
- 3) Analizar el efecto que causa en el rendimiento el número de aplicaciones de fertilizante.

2. Hipótesis.

- 2.1 El rendimiento varía de acuerdo con la dosis de fertilización.

2.2 De los nutrimentos evaluados, el nitrógeno es el de mayor peso en el rendimiento.

2.3 La dosis fraccionada tiene el mismo efecto que si se hiciera en una sola aplicación.

3. Supuestos.

Las condiciones de clima y suelo, así como de manejo del huerto (control de plagas y enfermedades, riegos, etc.) son uniformes para todo el huerto donde se desarrolló el experimento.

V. MATERIALES Y METODOS

1. Localización del sitio experimental.

El presente estudio se llevó a cabo en un huerto de limón de un agricultor cooperante ubicado en la finca Casa Blanca, dentro del municipio de Tecomán, Col.

Tecomán está situado a los 18°54' latitud norte y a los 103°42' longitud oeste, la altura sobre el nivel del mar es de 33 m. CETENAL (1970).

2. Condiciones de clima y de suelo.

El clima según Oseguera (1972) es :

- c Semiseco
- ip Con invierno y primavera secos
- A' Tropical lluvioso
- a' Sin estación invernal bien definida.

La temperatura media mensual en el mes más frío (marzo) es de 23.8°C y la más caliente de 28.7°C (agosto); teniendo una media anual de 26.3°C. La precipitación pluvial media es de 711.1 mm.

Según la clasificación de la FAO (modificada por CETENAL, 1970) el tipo de suelo es Vertisol Pélico (Vp 37 - 2 ab) de textura migajón

arenoso, con un pH medianamente alcalino (8.3).

Al inicio del experimento y de acuerdo con la clasificación generada por Moreno (1970), el suelo presentó las siguientes características :

Contenido en el suelo	% o ppm	Clasificación
Materia orgánica	1.39 %	Medianamente pobre
Nitrógeno total	0.094 %	Medianamente pobre
Fósforo total	40 ppm.	Rico
Potasio total	21 ppm.	Extremadamente pobre

3. Materiales.

Para el desarrollo de esta investigación que duró tres años (1974-1976) se trabajó en un huerto de limón (de pie franco). Los árboles estaban plantados a una distancia de 10 x 10 m en Marco Real y no se encontraban asociados con ningún otro frutal.

Al inicio del experimento (1974) los árboles tenían tres años de edad y cuando contaban con seis años (1976) fué dado de baja, debido a que una proporción elevada de los árboles estaban fuertemente afectados por la gomosis (*Phytophthora spp*), haciendo dificultoso el análisis estadístico.

4. Manejo del huerto y del suelo.

El suelo se conservó limpio de malezas por medio de rastreos efectuados entre las hileras de los árboles. Debajo de ellos, se cajeteó con pala. Se regó aproximadamente cada 22 días durante el estío, pero en la temporada de lluvias (Julio - Octubre) no se regó. El sistema de riego usado fué el llamado " espina de pescado " o de cajetes individuales con una regadera entre las hileras de árboles. Así, se evitó el arrastre de fertilizante.

El combate de las plagas del follaje como el pulgón y la mosquita blanca, se efectuó por medio del control biológico. Cuando ésto no fué posible, se usó el control químico (Folimat 1000 1 cc/lit. de agua). Tanto los brotes tiernos como las flores y la fruta fueron protegidos de la enfermedad denominada antracnosis (*Colletotrichum gloesporioides*). Para ello se hicieron aspersiones a base de Caldo bordelés y Difolatán de acuerdo a las recomendaciones de Garza (1977).

5. Variables registradas.

La única variable que se analizó fué el rendimiento, estimado en kg /árbol.

6. Metodología de fertilización.

La fuente de fertilizantes fué :

Sulfato de Amonio

Nitrógeno

Superfosfato de Calcio Triple

Fósforo

Sulfato de Potasio

Potasio

6.1 Lista de tratamientos.

Los tratamientos utilizados se enlistan en el Cuadro 1.

CUADRO 1. Tratamientos ensayados en el experimento de fertilización en limonero. Campo Agrícola Experimental Tecomán, INIA

Tratamientos	Kg. por árbol por año		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.6	0.6
3	0.4	0.6	0.6
4	0.8	0.6	0.6
5	1.2	0.6	0.6
6	1.6	0.6	0.6
7	1.2	0.0	0.6
8	1.2	0.3	0.6
9	1.2	0.9	0.6
10	1.2	0.6	0.0
11	1.2	0.6	0.3
12	1.2	0.6	0.9
13	1.2	0.6	0.6
14	1.2	0.6	0.6
15	0.0	0.0	0.0

6.2 Fraccionamiento del fertilizante.

Los tratamientos fueron distribuidos en dos, tres y cuatro aplicaciones.

Del tratamiento 2 al 12, el fertilizante se distribuyó como sigue : el nitrógeno se aplicó en cuatro partes, una cuarta parte cada tres meses. Fósforo y Potasio se aplicaron dos veces, la mitad de ellos cada seis meses.

El tratamiento 13, se aplicó en dos partes, una cada seis meses, utilizando la mitad de los productos cada vez.

El tratamiento 14, se fraccionó en tres aplicaciones, una cada 4 meses, usando un tercio de los productos cada vez.

6.3 Forma de aplicación.

De acuerdo con las sugerencias de Becerra (1977), en su estudio sobre la distribución de raíces del limón mexicano de semilla, el fertilizante estuvo distribuido en un círculo alrededor del árbol, a la mitad de la distancia entre el tallo y la zona de goteo, a una profundidad de 15 - 20 cm.

7. Métodos estadísticos.

El diseño experimental fué un bloque al azar con ocho repeticiones utilizando un árbol como unidad experimental.

El diseño de tratamientos empleado fué un análisis combinado en el cual se incluyeron los siguientes factores : Tratamientos (15), ya mencionados en el punto 6.1. Años (3), 1974, 1975 y 1976.

En el análisis de varianza efectuado, los rendimientos promedio de cada tratamiento fueron separados por la prueba de Tukey al nivel del 5% (DMSH 0.05).

VI. RESULTADOS Y DISCUSION.

En los cuadros 4 y 5 del Apéndice aparecen los análisis de varianza del rendimiento individual por años y del combinado de los tres años respectivamente. Por ser de mayor importancia práctica, se eligió el análisis combinado para presentar y discutir los resultados

1. Efecto de los tratamientos.

En el cuadro 5 del apéndice, se observa que los tratamientos fueron estadísticamente diferentes solamente al nivel del 5%.

En el cuadro 2 se presentan los rendimientos en kg/árbol, del promedio de los tres años de los diferentes tratamientos evaluados. Se observa que la dosis que incrementó más el rendimiento fué la 120-60-60 aunque solamente fué estadísticamente diferente al tratamiento 0-60-60. Sin embargo, aunque los testigos no fueron diferentes a los demás tratamientos, se observa que tuvieron los rendimientos más bajos.

CUADRO 2. Efecto de diferentes dosis de fertilización en el rendimiento del limón mexicano. Campo Agrícola Experimental Tecmán, INIA

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Rendimiento
	Kg/árbol/año			kg/árbol/3años
1	0.0	0.0	0.0	150 ab
2	0.0	0.6	0.6	129 b
3	0.4	0.6	0.6	174 ab
4	0.8	0.6	0.6	193 ab
5	1.2	0.6	0.6	183 ab
6	1.6	0.6	0.6	214 ab
7	1.2	0.0	0.6	166 ab
8	1.2	0.3	0.6	166 ab
9	1.2	0.9	0.6	185 ab
10	1.2	0.6	0.3	194 ab
11	1.2	0.6	0.0	183 ab
12	1.2	0.6	0.9	189 ab
13	1.2	0.6	0.6	232 a
14	1.2	0.6	0.6	223 ab
15	0.0	0.0	0.0	143 ab
DMSH				
	0.05			102.0

Este resultado concuerda con los obtenidos por Orozco (1976), en otros dos experimentos de limón conducidos en la misma región de Tecomán, en los cuales también se encontró que la dosis 120-60-60 fué la mejor. El hecho de no encontrarse diferencias significativas entre los mejores y los testigos, tal vez se debe a que hubo una variación muy marcada entre las repeticiones. Esta variación o diferencia entre repeticiones fué mayor que entre los tratamientos, lo cual puede verse claramente en los cuadros 5, 6, 7 y 8 del apéndice. Lo anterior enmascaró el efecto de los tratamientos en tal forma, que las diferencias en rendimiento de acuerdo a la prueba de Tukey, tuvieron que ser mayores de 100 kg por árbol, para resultar estadísticamente significativos.

Otros investigadores en trabajos similares han encontrado diferencias entre dosificaciones con menos de 100 kg por árbol (Sharples y Smith; 1969; Cassin et al., 1977).

1.1 Efecto del nitrógeno.

Como se puede apreciar en la figura 1, los rendimientos de limón se incrementaron a medida que se aumentó la dosis del nitrógeno. Solamente se observó un ligero abatimiento al pasar de 80 a 120 kg. Pero, nuevamente el rendimiento se incrementó al aumentar la dosis a 160 kg. Algunos investigadores (Reese y Koo, 1975; Sharples y Hilgeman, 1969; Cassin et al., 1977), encontraron resultados similares en naranjo y mandarino.

En el presente estudio, se esperaba una respuesta más clara a la dosis de nitrógeno, dada la pobreza del suelo en este nutrimento. Se sospecha que los resultados no fueron tan claros a causa de la condición tan variable de los árboles.

De acuerdo con los resultados y dado que se observó una alta respuesta a la aplicación de 160 kg de nitrógeno, es de esperarse que haya respuesta a dosificaciones aún más elevadas. Sin embargo, algunos autores (Jacob y von Uexkull, 1973; Aso, 1974), concuerdan al señalar que la mayor dosis aplicable, no debe ser mayor de 1.20 kg/árbol/año.

Lo anterior, solo puede esclarecerse mediante investigaciones futuras.

Por otra parte, los tratamientos con 80, 120 y 160 kg de nitrógeno, mostraron una tendencia en rendimiento superior a los testigos, aunque no estadísticamente. Así mismo, al agregar 60 kg de fósforo y 60 de potasio, los rendimientos se abaten aún más que el testigo, lo que quiere decir que estos nutrimentos sin nitrógeno tienen efectos depresivos sobre el rendimiento. Lo anterior concuerda con Reuther y Smith, (1954).

1.2 Efecto del fósforo.

No se observó ningún incremento en el rendimiento al pasar de 0 a

30 kg de fósforo, aunque dichos tratamientos fueron ligeramente superiores a los testigos Figura 2. Fué interesante observar que las adiciones de 60 y 90 kg de fósforo fueron levemente mejores que las dosis más bajas. Sin embargo, no se observó un incremento substancial con estas dosificaciones, por lo que permanece la duda si existe o no respuesta a cantidades mayores de fósforo. Obviamente ésto será motivo de investigaciones futuras. Algunos investigadores (Praloran, 1974 y Aso, 1974) coinciden en señalar, que hay poca o ninguna respuesta a la fertilización fosfórica. En este trabajo, se observó que por sí solo el fósforo no muestra efectos favorables, pero sí influye cuando se combina con dosis similares de potasio y altas de nitrógeno.

1.3 Efecto del potasio.

En relación al potasio y de acuerdo a la Figura 3, se observó aunque no estadísticamente, que las dosis crecientes de potasio aumentaron los rendimientos, hasta llegar a un límite, que fué de 30 kg. Después de éste, el rendimiento se abatió. Esto significa, que no es conveniente adicionar más de 30 kg de potasio. En trabajos similares, se ha observado que el potasio afecta en mayor medida la calidad de la fruta que el rendimiento. (Embleton y Jones, 1966; González, 1968; Koo y Reese, 1977).

No obstante, Smith et al (1966), señalan que al combinarse con el nitrógeno, los efectos del potasio sobre el rendimiento y tamaño de la fru

ta son mayores.

Concluyendo de lo anterior, resulta claro que en todas las combinaciones el nitrógeno tuvo un efecto sinérgico determinante en los otros dos nutrimentos. Esto se comprende mejor cuando se observa que para los casos del fósforo y potasio, las cantidades más apropiadas para producir buenos rendimientos son de 60 kg. Sin embargo, cuando se aplica esta cantidad de ambos nutrimentos, sin nitrógeno, no hay un efecto favorable en el rendimiento. (Ver figuras 1, 2 y 3).

Por otra parte, es necesario aclarar, que no se evaluaron tratamientos que llevaran cada uno de estos nutrimentos solos. Esto no deja de ser un handicap que hubiera dado una mayor luz en relación a los efectos individuales de cada nutrimento en el rendimiento. Aunque probablemente se hubiera encontrado algo similar a lo reportado por Villiers (1969) en el caso de nitrógeno, el cual por sí solo afecta el rendimiento.

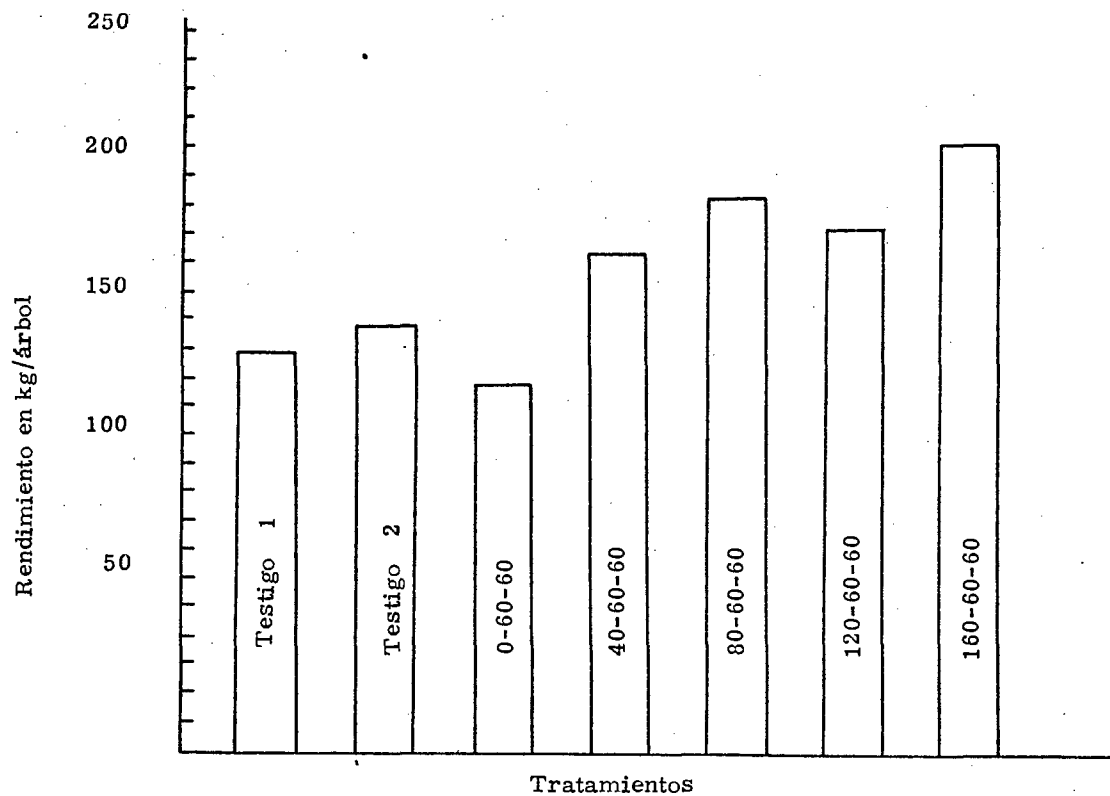


Figura 1. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno sobre el rendimiento del limón.
Campo Agrícola Experimental Tecomán, INIA.

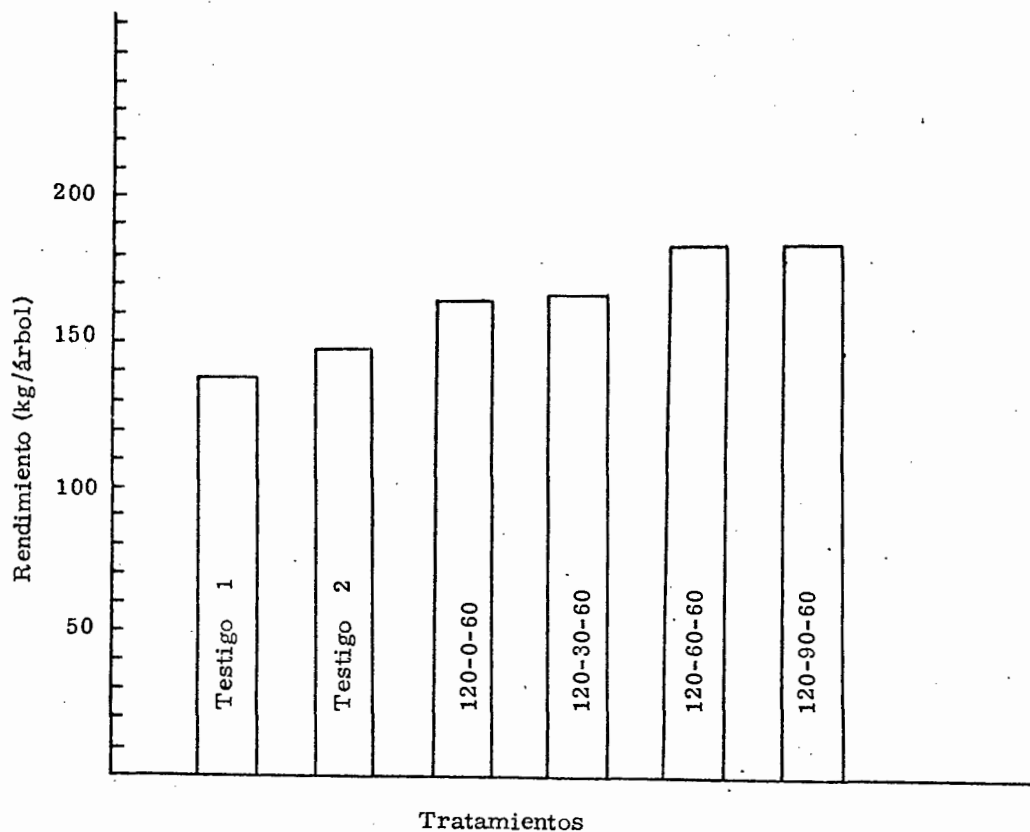


Figura 2. Efecto de diferentes dosis de fósforo sobre el rendimiento del limón.
Campo Agrícola Experimental Tecomán, INIA.

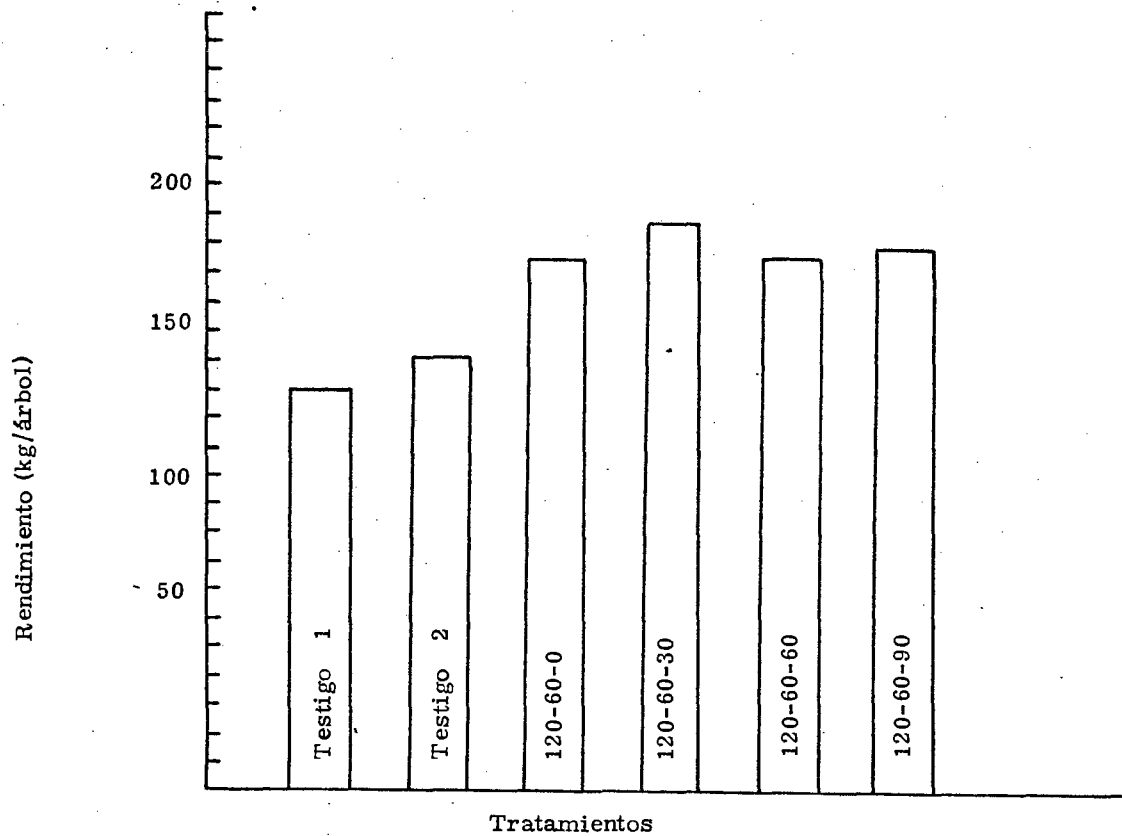


Figura 3. Efecto de diferentes dosis de potasio sobre el rendimiento del limón.
Campo Agrícola Experimental Tecomán, INIA.

2. Efecto de años.

En el cuadro 5 del apéndice se observa que el factor años resultó significativo al nivel del 5% de probabilidad.

Cuadro 3. Efecto estacional en el rendimiento de limón. Experimento de dosis de fertilización. Campo Agrícola Experimental Tecomán, INIA.

Año	Rendimiento kg/árbol
1974	150 b
1975	188 a
1976	208 a
DMSH 0.05	22

En el cuadro 3, se aprecia que el mayor rendimiento se obtuvo durante 1976, cuando los árboles tenían una edad de seis años, aunque fué estadísticamente igual al año de 1975.

El hecho de que los rendimientos vayan en aumento con el transcurso de los años tal vez se deba a que los árboles uniformizan su producción con la edad. Es decir, que a medida que crecen y se desarrollan, producen con mayor uniformidad. En estas condiciones, los árboles tienen mayor facilidad para tomar el fertilizante aplicado. Los efectos del rendimiento resultan entonces más claros. Lo anterior puede comprobarse al observar el Cuadro 4 del apéndice, en el que se encontró

un efecto determinante de las dosificaciones hasta el tercer año.

2.1 Número de aplicaciones.

Con el propósito de comparar el efecto del número de aplicaciones de fertilizante sobre el rendimiento, los tratamientos 13, 14 y 5 tuvieron la misma dosis 120-60-60, fueron distribuidos en dos, tres y cuatro aplicaciones anuales, respectivamente.

En la figura 4 se observa que el rendimiento de limón durante los primeros años fué mayor cuando se hicieron dos aplicaciones que cuando se hicieron 3 ó 4. Para 1976, fué ligeramente mejor la fracción del fertilizante en tres partes. En todos los años, los rendimientos fueron muy bajos cuando se hicieron 4 aplicaciones. Este resultado concuerda con lo reportado por Reuther y Smith (1959), quienes determinaron una sola aplicación para el caso del naranjo que florea y fructifica una sola vez al año, en lugar de tres o seis aplicaciones.

Obviamente, para el caso de limón mexicano que muestra dos períodos de fuerte producción (Figura 5), parece resultar beneficioso en dos épocas. Las fechas exactas de cuando ésto deberá ejecutarse, deberán ser estudiadas posteriormente con más detalle y relacionadas al desarrollo fenológico de los árboles y a la aplicación de riegos.

3. Interacción años por tratamiento.

Como se observa en el Cuadro 5 del apéndice, la interacción años por tratamiento no resultó significativa.

Esto indica que cada tratamiento tuvo el mismo efecto sobre el rendimiento todos los años. O bien, que en cada año todas las dosis de fertilización tuvieron el mismo efecto en el rendimiento.

3.1 La fertilización y la producción anual del limón.

Es importante señalar que se observaron fuertes variaciones en el rendimiento por efectos de las dosis de fertilización, sobre todo durante 1976. (Figura 6). Esta situación aunque no es estadísticamente significativa, es económicamente importante para los agricultores.

Por ejemplo, la diferencia entre los tratamientos con mayor y menor rendimiento para los tres años varían entre : 63, 86 y 210 kg/árbol para 1974, 1975 y 1976 respectivamente (Figura 6). Esa diferencia en kilos que corresponde a un árbol, al multiplicarla por 100 que tiene una hectárea, representan un incremento en la producción que oscila entre 6,300 y 21,000 kg/ha. Estas cantidades indudablemente redundan en un incremento básico en la producción y en la economía del agricultor.

Un aspecto de bastante interés es el relacionado a las épocas de producción de limón y el precio que éste alcanza a través del año. En la figura 7 se observa que durante todo el año la dosis 120-60-60 influye en una mayor producción en relación al testigo. Sin embargo, precisamente en la época de mayor producción los precios unitarios por kg. de fruta se abaten.

En la figura 5 se representan los volúmenes de producción generados en dos épocas de mayo a octubre y de noviembre a abril. Estas producciones provienen de dos ciclos de floración. Uno de ellos es producido de finales de noviembre a principios de marzo y el otro de principios de abril a mediados de junio. Sin embargo, tal como lo menciona Medina (1977), es posible que este frutal desarrolle flores durante todo el año. Por lo anterior y dado que los fertilizantes tienen una participación decidida en la floración, fructificación y desarrollo de los frutos, sería conveniente hacer evaluaciones de tipo fenológico con el objeto de afinar mejor las épocas de fertilización. Con ello, se buscaría obtener mayores volúmenes de producción cuando el precio de la fruta es alto.

Rendimiento en kg/árbol.

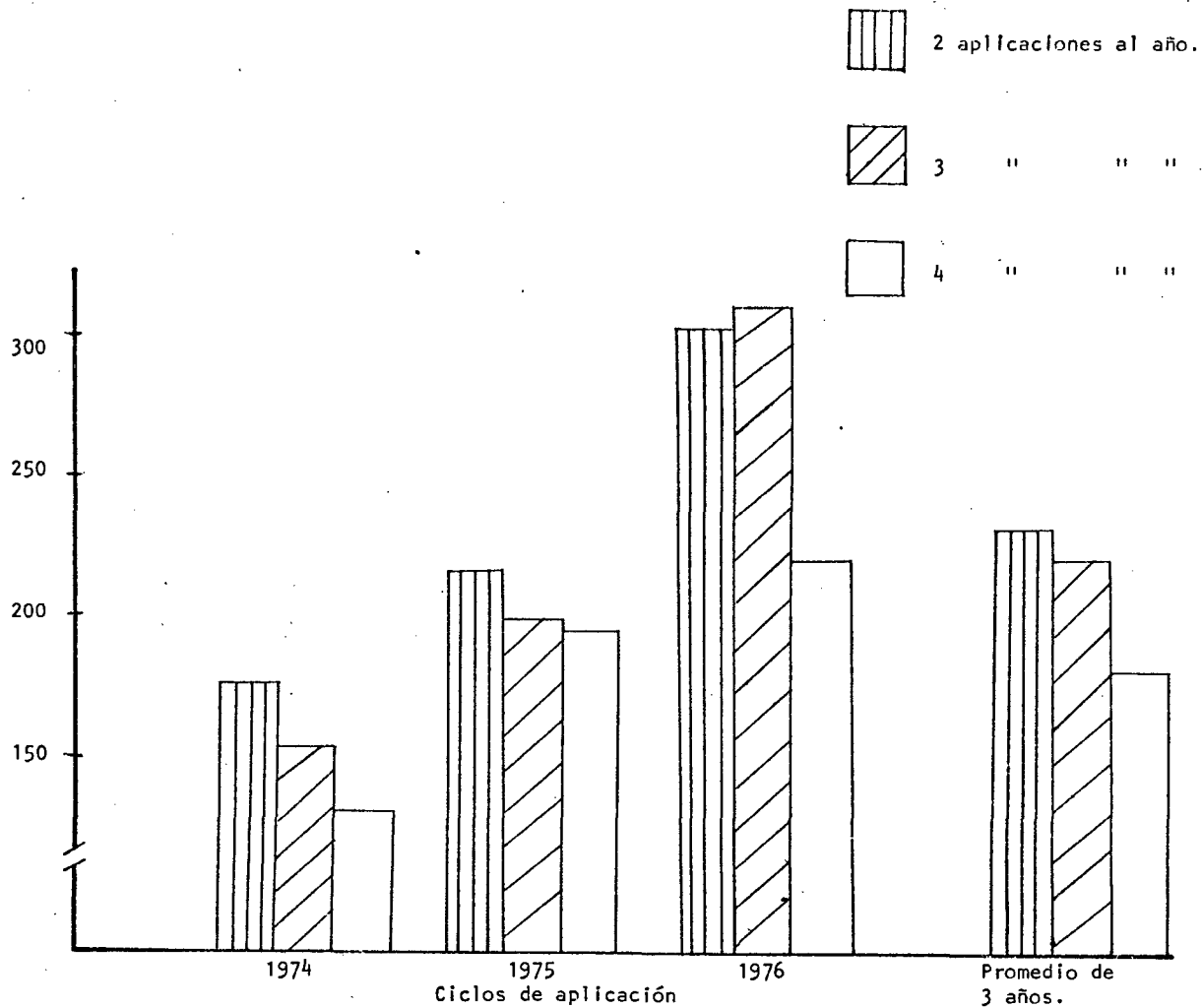


Figura 4. Efecto del número de aplicaciones en el rendimiento del Limonero.

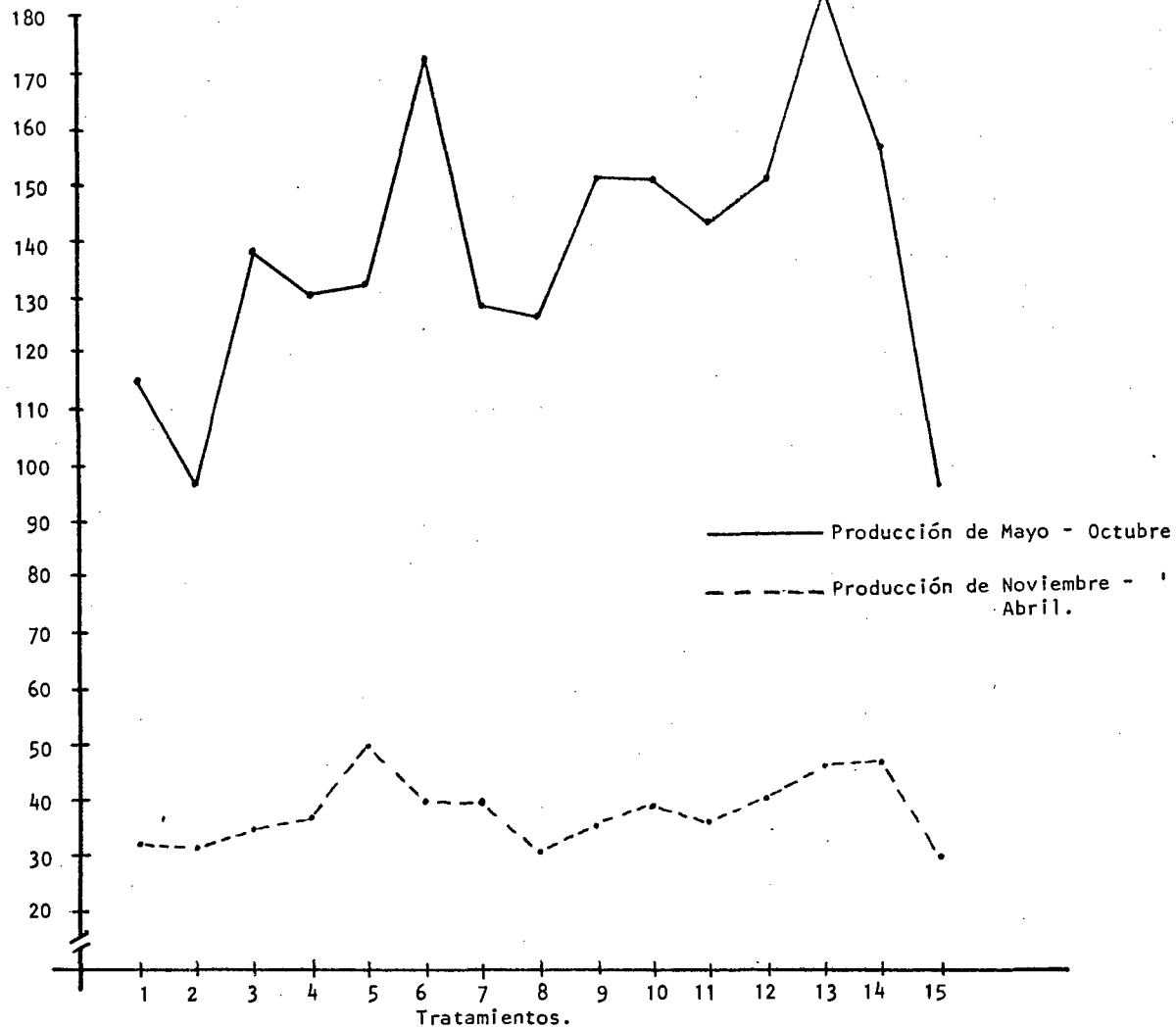


Figura 5. Promedio de tres años (1974, 1975 y 1976) en las dos temporadas de mayor y menor producción.

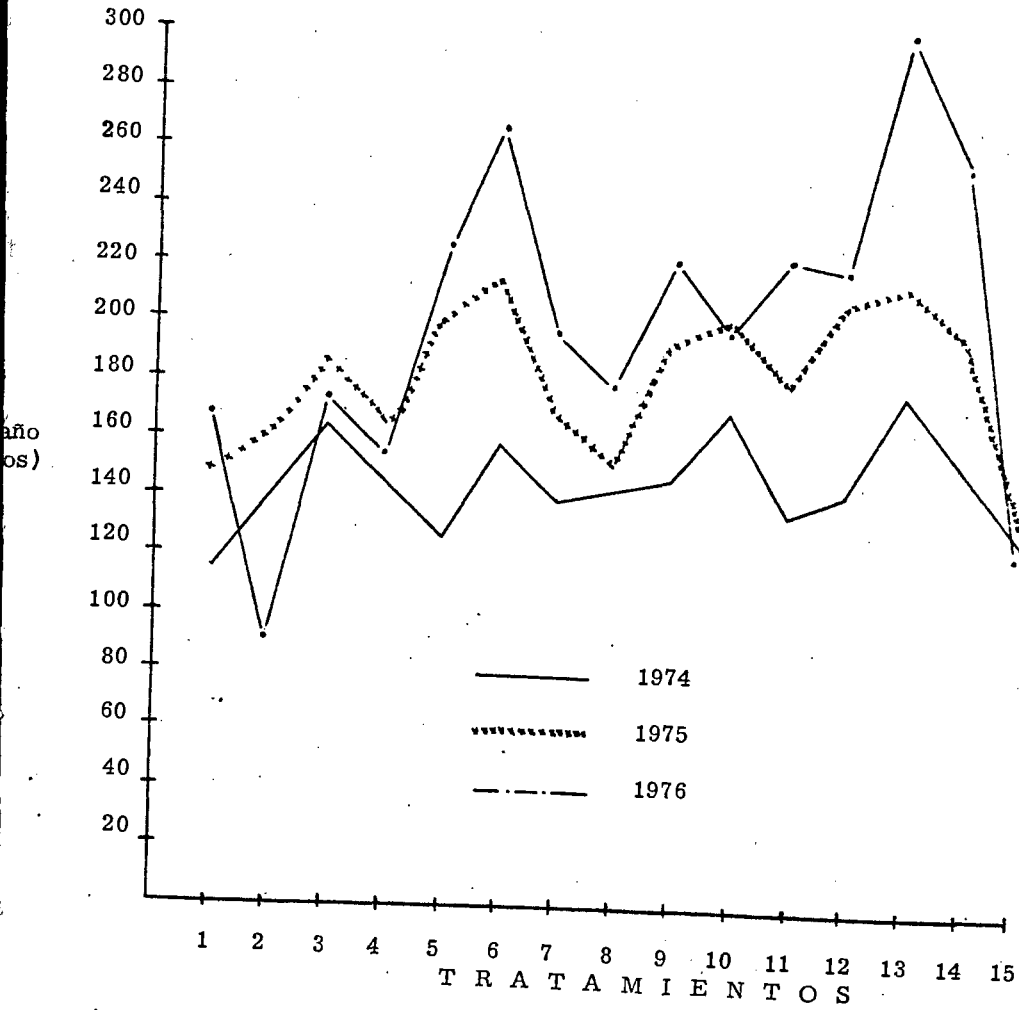


Figura 6. Interacción años por tratamientos.

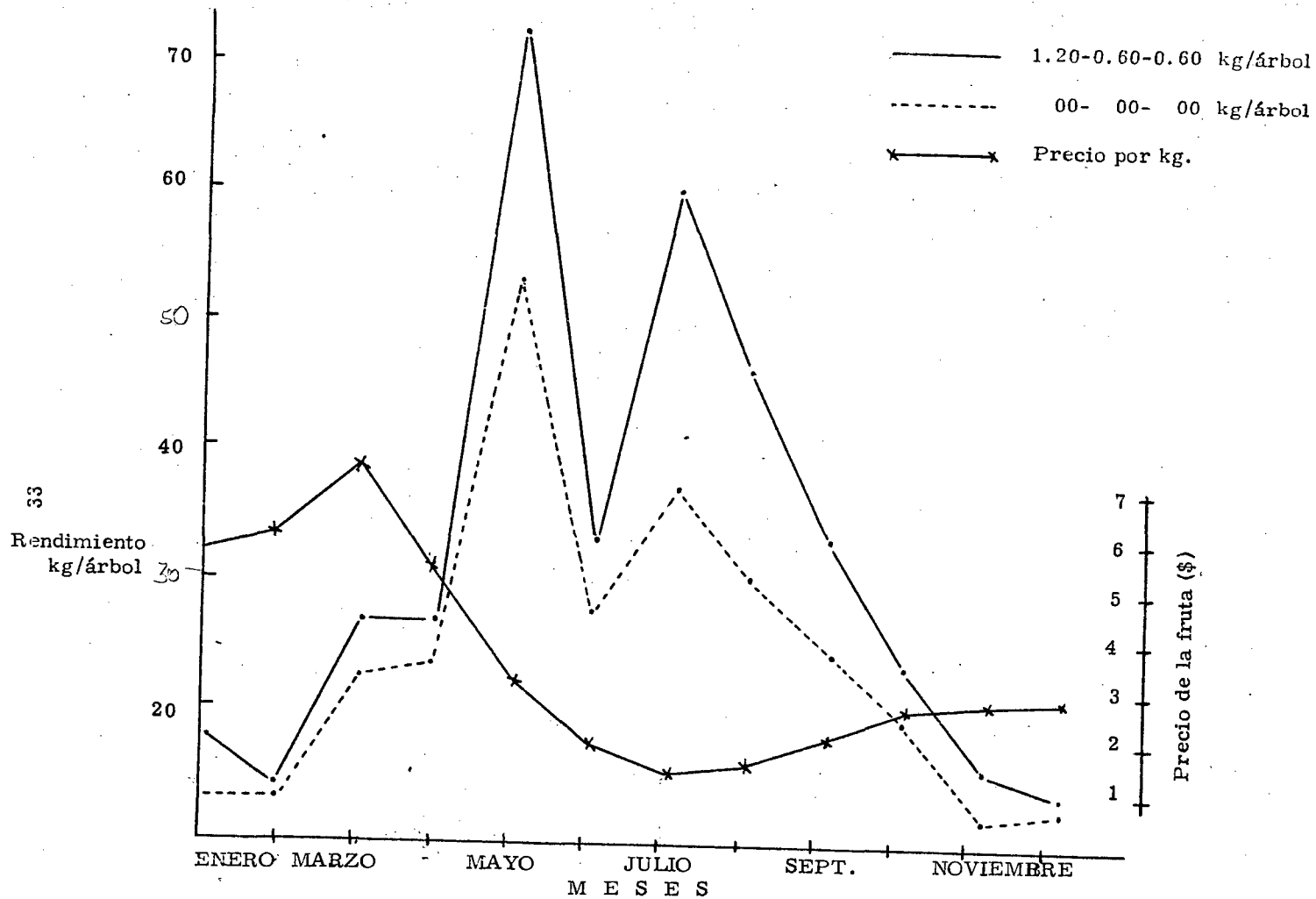


Figura 7. Rendimiento de un tratamiento fertilizado y otro no fertilizado durante un ciclo de producción, en relación al precio.

VII. CONCLUSIONES

1. La dosis de fertilización que incrementa más el rendimiento es la 120 - 60 - 60 kg/árbol/año.
2. De los nutrimentos, el nitrógeno parece tener el efecto más claro sobre el rendimiento.
3. Los rendimientos se abaten con aplicaciones exclusivas de fósforo y potasio. Pero, al aplicar nitrógeno, éste actúa sinérgicamente con los dos nutrimentos favoreciendo el rendimiento.
4. Resulta de mayor conveniencia aplicar el fertilizante en dos épocas, las cuales deberán ser estudiadas en detalle.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. Aso J.P. 1974. Conocimientos acerca de la fertilización de los cítrus y resultados obtenidos en Argentina. Rev. Ind. y Agricultura de Tucuman 51 (2) : 22.
2. Becerra R.S. 1977. Distribución de raíces en árboles de limón, en el Valle de Tecomán, Col. CAETECO, CIAPAC, INIA. En prensa.
3. Cassin P.J. et al, 1977. Influence of fertilization on growth, yield and leaf mineral composition of clementine mandarin on three rootstocks in corsica. International Citrus Congress. Pag. 52.
4. CETENAL (1970) Colima 13Q-VI. Dirección de Planeación. Talleres gráficos de la Nación. México.
5. Chandler W.H. 1962. Frutales de hoja perenne. 1a. Edición. Editorial UTEHA, México, pág. 120.
6. De Villiers J.I. 1969. The effect of diferencial fertilization on the yield, fruit quality and leaf composition of Navel oranges. Proceedings first International Citrus Symposium. Vol. 3 Pags. 1663 - 1665.
7. Embleton T.W. y Jones W.W. 1966. Effects of potassium on peel thickness and juiciness of lemon fruits. American Society for Horticultural Science. Vol. I: 154.
8. Fidelim Departamento Técnico Agrícola. 1977. Resúmen del avance del Censo Limonero del Estado de Colima. 1977. Fideicomiso del Limón. El Limón Mexicano 2.
9. Garza L.J.G. (1977). Evaluación de dosis de Difolatan PH. 50% y caldo bordelés contra antracnosis *Gloesporium limeticolum* en limón, aplicados en tres épocas. Informe Anual del Programa de Fitopatología. CAETECO, CIAPAC, INIA.

10. González S.E. 1968. El cultivo de los agrios. Tercera Edición. Editorial Bello - Valencia, España. Pág. 312.
11. Jacob A. y von Uexkull J.H. 1973. Fertilización. Ediciones Euroamericanas. 4a. Edición. México. Pág. 357.
12. Jones W.W. y Embleton T.W. 1967. Yield and fruit quality of Washington Navel orange trees as related to leaf nitrogen and nitrogen fertilization. American Society for Horticultural Science V. 91. Pág. 140.
13. Koo R.C.J. y Reese R.L. 1977. Influence of nitrogen, potassium and irrigation on citrus fruit quality. Proc. Int. Soc. Citriculture, 1977, Vol. 1 Págs. 34 y 35.
14. Medina U.V.M. 1978. Evaluación de diferentes portainjertos y de su interacción con el cultivar en relación a la distribución radical, producción y nutrición mineral del limón. TESIS M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
15. Moreno D.R.(1970) . Cuadro de clasificación. Departamento de Suelos, INIA.
16. Orozco R.J. (1976). Influencia del Nitrógeno, Fósforo y Potasio aplicados como abonos químicos al suelo en el desarrollo y producción del limonero. (Citrus aurantifolia) en el Estado de Colima. Informe Anual del Programa de Suelos. CAETECO CIAPAC, INIA.
17. Oseguera V.J. 1972. Tecomán. Ediciones Monroy Padilla , S.A. México. Pág. 153
18. Praloran J.C. 1977. Los Agrios. Editorial Blume Barcelona. Págs 308 - 310.
19. Reese R.L. y Koo R.C.J. 1975. N and K fertilization effects on leaf analysis, tree size, and yield of three major Florida orange cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100 (2): 197.
20. Reuther W. 1973. The Citrus Industry, volume III. University of California Berkeley U.S.A. Pág. 168.

21. Reuther W. y Smith F.P. 1954. Effects of method of timing nitrogen fertilization on yield and quality of oranges. Proc. Fla. Hort. Soc. 67: 20 - 26.
22. Sharples G.C. y Hilgeman R.H. 1969. Influence of differential nitrogen fertilization on production, trunk growth, fruit size and quality and foliage composition of Valencia orange trees in Central Arizona. Proceedings first International Citrus Symposium. Vol. 3 Pags. 1570 y 1573.
23. Smith et al. (1966) Fruit Nutrition. Horticultural publications, Norman F. Childers, Editor. New Jersey, U.S.A. Pag. 176.
24. Smith F.P. 1969. Effects of nitrogen rates and timing of application on marsh grapefruit in Florida. Proceedings first International Citrus Symposium, Vol. 3: 1560 - 1561.
25. Velasco N.F. 1977. Resúmen del avance del Censo Nacional Limonero (1976). Fideicomiso del Limón. El Limón Mexicano 1.

IX. APENDICE

CUADRO 4. ANALISIS DE VARIANZA INDIVIDUAL DEL RENDIMIENTO DE LIMON (en kg/árbol)
REGISTRADO DURANTE TRES AÑOS. CAMPO AGRICOLA EXPERIMENTAL TECOMAN
I N I A

Fuente de variación	G.L.	1974		1975		1976	
		CM	F cal.	CM	F cal.	CM	F cal.
Repeticiones	7	22 637.7	7.57 **	33 378.7	7.58 **	59 304.7	4.68 **
Tratamientos	14	2 353.4	0.78 NS	4 109.3	0.93 NS	25 987.1	2.05 *
Error exp.	98	2 987.1		4 401.9		12 647.1	
Total	119	4 068.5		6 072.0		16 961.1	
Coeficiente de variación		36.5%		35.4%		54.1%	

CUADRO 5. ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO DEL RENDIMIENTO DE LIMON DURANTE TRES AÑOS. (en kg/árbol). CAMPO AGRICOLA EXPERIMENTAL TECOMAN, INIA.

Fuente de variación	G.L.	C.M.	F cal
Repeticiones	7	80 476.2	7.45 **
Tratamientos	14	19 590.2	1.81 *
Error 1	98	10 793.5	
Años de cosecha	2	103 044.6	18.82 **
Años * Tratamientos	28	6 429.7	1.17 NS
Error 2	210	5 474.7	
Coeficiente de variación		40.7%	

CUADRO 6. RENDIMIENTO DE LIMON EN KG/ARBOL DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS. 1974
CAMPO AGRICOLA EXPERIMENTAL TECOMAN, INIA.

Trat.	DOSIS KG/ARBOL/AÑO	R E P E T I C I O N E S								\bar{X}
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
1	00-00-00	56.110	109.564	216.030	91.915	45.825	167.350	270.605	109.700	133.387
2	00-.60-.60	126.950	83.415	196.435	140.315	41.260	185.035	149.280	158.720	135.176
3	.40-.60-.60	276.190	174.290	174.050	194.595	95.270	73.200	177.160	145.885	163.830
4	.80-.60-.60	183.855	252.080	249.180	141.735	17.940	154.840	261.235	134.675	174.442
5	1.20-.60-.60	120.380	90.515	186.840	75.855	113.390	218.815	82.060	156.605	130.557
6	1.60-.60-.60	217.670	214.295	209.165	116.375	35.680	217.790	138.185	132.093	160.156
7	1.20- 00-.60	195.870	129.660	273.580	80.705	93.285	131.190	85.080	122.740	139.130
8	1.20-.30-.60	167.845	209.715	213.450	160.305	51.265	99.205	153.265	192.450	143.437
9	1.20-.90-.60	115.185	136.875	103.685	176.880	60.380	156.900	241.160	134.610	140.709
10	1.20-.60-.30	130.260	201.480	274.720	190.000	81.010	78.980	179.505	277.950	176.738
11	1.20-.60-.00	132.325	196.660	87.040	79.100	99.855	187.870	184.865	118.740	135.806
12	1.20-.60-.90	234.245	114.825	223.945	82.600	88.755	150.845	98.920	203.758	149.736
13	1.20-.60-.60	206.505	124.810	191.250	110.660	132.590	301.140	85.495	248.705	175.144
14	1.20-.60-.60	111.065	150.785	133.440	163.210	38.350	162.510	107.235	247.540	151.766
15	00-00-00	220.050	75.430	226.990	88.450	12.625	72.045	183.575	130.680	126.230

CUADRO 7. RENDIMIENTO DE LIMON EN KG/ARBOL DE LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS. 1975
CAMPO AGRICOLA EXPERIMENTAL TECOMAN, INIA.

Trat.	DOSIS KG/ARBOL/AÑO	R E P E T I C I O N E S								
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	\bar{X}
1	00-00-00	50.630	133.220	282.300	116.450	127.530	189.500	180.590	107.200	148.427
2	00-.60-.60	140.240	233.410	204.560	124.720	111.750	135.100	141.730	203.750	161.907
3	.40-.60-.60	196.190	136.640	302.280	266.300	220.340	144.250	117.340	116.280	187.452
4	.80-.60-.60	148.720	226.000	323.840	186.430	187.500	140.160	211.400	217.760	205.238
5	1.20-.60-.60	226.780	172.890	292.300	224.050	166.130	193.900	156.200	158.150	198.800
6	1.60-.60-.60	239.340	227.190	310.500	140.600	85.980	353.800	174.300	191.750	215.432
7	1.20-.00-.60	273.490	135.050	436.800	231.720	48.420	108.400	63.470	35.640	166.623
8	1.20-.30-.60	129.530	191.400	174.550	115.360	55.290	162.900	189.860	138.770	157.207
9	1.20-.90-.60	165.480	155.300	294.370	276.500	60.990	143.980	327.350	144.150	196.015
10	1.20-.60-.30	224.490	291.400	238.900	223.000	68.970	136.530	203.300	324.700	201.411
11	1.20-.60-.00	154.900	233.740	167.200	134.420	154.090	229.770	274.650	104.200	181.621
12	1.20-.60-.90	288.190	292.300	402.500	102.170	130.030	129.300	130.400	216.310	211.400
13	1.20-.60-.60	252.620	169.600	332.820	144.120	229.380	316.200	145.900	126.150	214.598
14	1.20-.60-.60	172.800	206.090	241.450	223.500	167.610	163.490	215.950	206.100	199.623
15	00-00-00	144.550	97.750	374.200	119.780	107.740	90.400	225.000	100.230	157.456

CUADRO 8. RENDIMIENTO DE LIMON EN KG/ARBOL DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS. 1976
CAMPO AGRICOLA EXPERIMENTAL TECOMAN, INIA.

Trat.	DOSIS KG/ARBOL/AÑO	R E P E T I C I O N E S								
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	\bar{X}
1	00-00-00	103.140	160.960	363.070	197.650	131.320	163.030	144.180	136.697	167.505
2	.00-.60-.60	233.460	50.590	59.000	57.430	52.200	56.350	83.610	127.460	90.013
3	0.40-.60-.60	134.300	133.350	439.250	131.670	153.540	119.280	110.300	144.080	170.721
4	0.80-.60-.60	111.930	228.410	323.760	125.240	344.220	206.010	43.710	215.530	199.851
5	1.20-.60-.60	224.850	256.400	418.700	347.800	178.440	82.470	54.730	192.700	219.512
6	1.60-.60-.60	259.920	257.750	466.750	86.510	82.800	519.200	264.200	196.830	266.745
7	1.20-.00-.60	266.700	241.500	509.630	138.070	60.930	117.350	117.680	67.730	197.448
8	1.20-.30-.60	228.880	206.490	384.300	66.270	51.790	134.430	204.900	158.910	179.497
9	1.20-.90-.60	209.230	147.760	349.680	152.300	229.720	86.160	371.500	244.030	223.798
10	1.20-.60-.30	223.330	42.710	108.960	495.740	100.600	20.170	245.560	354.370	198.950
11	1.20-.60-.00	236.600	246.950	258.840	78.990	365.980	45.280	356.570	190.880	222.500
12	1.20-.60-.90	242.660	315.540	283.950	87.450	286.800	64.080	202.890	295.460	222.354
13	1.20-.60-.60	230.910	160.700	485.330	218.850	571.160	192.500	397.080	151.220	300.969
14	1.20-.60-.60	208.750	139.050	403.000	436.500	652.900	205.220	245.160	192.210	310.348
15	00-00-00	88.700	75.870	387.600	38.680	165.760	127.430	235.010	33.90	144.055