

ACOLCHADO DE SUELOS Y FERTILIZACION  
NITROFOSFATADA PARA MANZANO,  
EN LA SIERRA DE ARTEAGA, COAHUILA

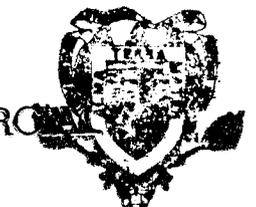
JUAN MANUEL CORTES JIMENEZ

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"

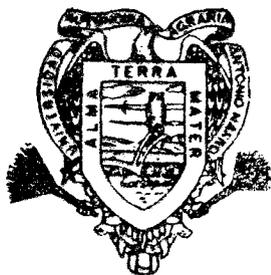
TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS  
EN SUELOS



BIBLIOTECA



Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS  
Buenavista, Saltillo, Coah.

DICIEMBRE DE 1991

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría, y aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN SUELOS

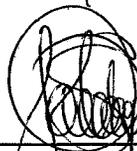
COMITE PARTICULAR

Asesor Principal:



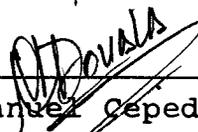
Dr. Eduardo A. Narro Farías

Asesor:



M.C. Javier S. Silveyra Medina

Asesor:

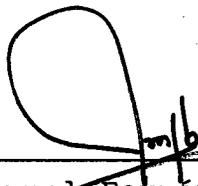


M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala

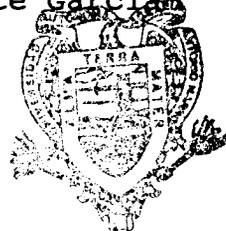
Asesor:



Dr. Marco A. Bustamante García



Dr. José Manuel Fernández Brondo  
Subdirector de Asuntos de Postgrado



BIBLIOTECA  
EGIDIO G. REBONATO  
BANCO DE TESIS  
U.A.A.N.

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Diciembre de 1991

## DEDICATORIA

**A MIS HIJOS: CINTHYA ANAID Y ALAIN ORLANDO**

*Porque gracias a ustedes, he disfrutado los momentos más felices de mi vida.*

**A MIS PADRES: JESUS Y MARIA DEL REFUGIO**

*Por la fe que siempre han tenido en mi, con profundo amor, gratitud, y respeto.*

**A MIS HERMANOS: JOSE REYES, LUZ MARIA, JESUS, JOSE LUIS, BEATRIZ, GUILLERMO, LOURDES, YOLANDA Y ARMANDO.**

*Por el cariño que siempre nos ha unido.*

**AL DR. JAIME X. UVALLE BUENO:**

*Por encaminar mis primeros pasos en la investigación agrícola y por ser para mi, modelo a seguir como ejemplo de dedicación, superación profesional, y calidad humana.*

## **AGRADECIMIENTOS**

**AL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y  
AGROPECUARIAS**  
POR LA CONFIANZA QUE DEPOSITARON EN MI Y POR EL ORGULLO DE  
SER UNO DE SUS INVESTIGADORES

**AL CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA**  
POR EL APOYO ECONOMICO BRINDADO

**A LA UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"**  
POR ENCAUZAR EN SUS AULAS MIS ANHELOS DE SUPERACION

**AL DR. EDUARDO A. NARRO FARIAS**  
POR SU EXCELENTE LABOR DE ASESORIA Y POR EL DECIDIDO APOYO  
QUE SIEMPRE ME BRINDO

**A LOS M.C. JAVIER S. SILVEYRA MEDINA, JUAN MANUEL CEPEDA D.  
Y AL DR. MARCO A. BUSTAMANTE GARCIA**  
POR SUS ATINADAS SUGERENCIAS EN LA REVISION DEL PRESENTE  
TRABAJO

**AL SR. FRANCISCO DE LA PEÑA DAVILA**  
POR FACILITAR EL HUERTO EXPERIMENTAL

**A MIS COMPAÑEROS DE ESTUDIO**  
POR ESTABLECER CONMIGO LAZOS DE VERDADERA AMISTAD, Y POR  
NUESTRO VALIOSO INTERCAMBIO DE EXPERIENCIAS PROFESIONALES

**A TODAS LAS PERSONAS QUE SIEMPRE ME ALENTARON Y QUE  
CONTRIBUYERON CON SU GRANO DE ARENA AL LOGRO DE ESTE OBJETIVO  
ESPECIALMENTE A LOS M.C. J. DE JESUS MARTINEZ SANTANA Y  
J. ELISEO ORTIZ ENRIQUEZ**

# COMPENDIO

Acolchado de Suelos y Fertilización Nitrofosfatada Para  
Manzano, en la Sierra de Arteaga, Coahuila.

POR

JUAN MANUEL CORTES JIMENEZ

MAESTRIA

SUELOS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DICIEMBRE DE 1991.

Dr. Eduardo A. Narro Farías -Asesor-

Palabras clave: manzano, acolchado, fertilización

En Los Lirios, municipio de Arteaga, Coahuila, se realizó un estudio de campo durante los ciclos 1986, 1987 y 1988, para evaluar el efecto de 17 tratamientos al suelo a base de nitrógeno, fósforo, potasio, y acolchado orgánico, sobre el comportamiento del manzano Golden Delicious/MM111.

El acolchado incrementó la disponibilidad y absorción de nutrimentos, redujo la temperatura edáfica, y promovió un mayor contenido de humedad en el suelo, la cual correlacionó significativamente con el crecimiento y la producción de los árboles.

El contenido foliar de N, P, K, Zn y B, se diagnosticó en una concentración inferior a la óptima. La aplicación de 240 g de fósforo por árbol afectó significativamente el crecimiento y la producción de los árboles. La mejor respuesta a potasio se situó en 300 g, y la de nitrógeno entre 400 y 600 g dependiendo del nivel de producción del árbol.

## ABSTRACT

Soil Mulching and Nitrogen Phosphate Fertilization of Apple  
in the Mountain Range of Arteaga, Coahuila.

BY

JUAN MANUEL CORTES JIMENEZ

MASTER OF SCIENCE

SOILS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO. DECEMBER, 1991

Dr. Eduardo A. Narro Farias -Advisor

Key words: apple, mulching, fertilization

A field study was conducted for three seasons from 1986 to 1988 in Los Lirios, Arteaga in the state of Coahuila, Mexico. The objective of this study was to evaluate the effect on the development of apple cv. Golden Delicious/MM111 of 17 soil fertilizer treatment based on nitrogen, phosphate, potassium, and organic mulching.

Soil Mulching increased the availability and absorption of nutrients, reduce edaphic temperature and improved soil moisture retention. This soil moisture resulted in a significant correlation with growth and increased production of the apple trees.

Leaf content of N, P, K, Zn, and B, resulted in a lower than optimum concentration. Application of 240 g de phosphorus significantly affected growth and production. Better response of potassium was obtained with an application of 300 g of  $K_2O$ , while better tree growth and production was obtained with applications of 400 to 600 g of nitrogen acording with the fruit load of the trees.

## INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	xii
INDICE DE FIGURAS.....	xxv
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	4
El Acolchado de Suelos.....	4
El Acolchado y la Condición Física del Suelo.....	5
El Acolchado y la Temperatura del Suelo.....	7
El Acolchado y la Disponibilidad de Agua.....	9
El Acolchado y el Crecimiento y la Producción de Manzano.....	11
El Acolchado y la Disponibilidad y Absorción de Nutrimentos.....	14
La Disponibilidad de Nutrimentos.....	18
Los Potenciales Catiónicos de Schofield como Índice para Evaluar la Disponibilidad de Elementos en el Suelo.....	19
El Nitrógeno y el Crecimiento y Productividad del Manzano.....	24
El Fósforo en la Producción y Crecimiento del Manzano.....	31
Diagnóstico Nutricional.....	40
MATERIALES Y METODOS.....	48
Características Generales del Area de Estudio.....	48
Antecedentes del Lote Experimental.....	48
Material Vegetal Empleado.....	49

	Página
Diseño de Tratamientos.....	50
Aplicación de Tratamientos.....	50
Diseño Experimental y Modelo Estadístico.....	52
VARIABLES REGISTRADAS Y MÉTODOS USADOS.....	53
Análisis de suelos.....	53
Características físicas del suelo.....	54
-Contenido de humedad y potencial hídrico.....	54
-Temperatura del suelo.....	54
-Resistencia del suelo a la penetración.....	54
-Densidad aparente.....	55
Determinación de los Potenciales Catiónicos de Schofield.....	55
Diagnóstico Nutricional.....	56
-Análisis foliar.....	57
-Generación de normas DRIS.....	57
Índices de Crecimiento y Productividad de los Árboles.....	59
-Longitud de brotes.....	59
-Incremento en área de la sección transversal del tronco.....	59
-Rendimiento de fruto.....	59
Métodos Estadísticos para el Análisis de la Información.....	60
-Transformaciones.....	60
-Análisis de varianza.....	61
-Pruebas estadísticas.....	61
-Covarianza.....	62
-Análisis de correlación.....	62
RESULTADOS Y DISCUSION.....	63
Contenido de Humedad y Potencial Hídrico del Suelo.....	63
Temperatura del Suelo.....	69
Resistencia del Suelo a la Penetración.....	73
Densidad Aparente.....	77
El Acolchado y la Disponibilidad de Nutrientes.....	80
Diagnóstico Nutricional.....	93

Indices de Crecimiento de los Arboles.....	104
Incremento en Area de la Sección	
Transversal del Tronco.....	104
Crecimiento de Brotes.....	155
Rendimiento de Frutos.....	189
CONCLUSIONES.....	284
RESUMEN.....	286
LITERATURA CITADA.....	293

## INDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 2.1.	Criterios para la interpretación del contenido foliar de nutrimentos en manzano.....	45
Cuadro 3.1.	Descripción de los tratamientos evaluados.....	51
Cuadro 4.1.	F calculada (Fc) y cuadrado medio del error (CME), en el análisis estadístico de la variable contenido gravimétrico de humedad. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987 y 1988.....	63
Cuadro 4.2.	Efectos factoriales medios (EFM) y diferencia de medias para la variable contenido gravimétrico de humedad (Pw). Los Lirios, Coahuila. Ciclos 1987 y 1988.....	64
Cuadro 4.3.	Ecuaciones de regresión para estimar el potencial hídrico del suelo en función del contenido gravimétrico de humedad (Pw) y cuatro dosis de rastrojo como acolchado. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....	65
Cuadro 4.4.	Potencial hídrico del suelo para el estrato 0-30 cm en función de cuatro fechas de muestreo y cuatro dosis de rastrojo. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987 y 1988.....	68
Cuadro 4.5.	Efectos factoriales medios (EFM), diferencia de medias, F calculada (Fc), y cuadrado medio del error (CME), en el análisis estadístico para la variable temperatura del suelo. Los Coahuila. Ciclo 1988.....	70
Cuadro 4.6.	F calculada (Fc) y cuadrado medio del error (CME) en el análisis estadístico para la variable resistencia del suelo a la penetración en tres profundidades de muestreo. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....	74

Cuadro 4.7.	Efectos factoriales medios (EFM) y diferencia de medias en el análisis factorial de la variable resistencia del suelo a la penetración (RSP) en tres profundidades de muestreo. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....	75
Cuadro 4.8.	Efectos factoriales medios (EFM), diferencia de medias, F calculada (Fc), y cuadrado medio del error (CME) en el análisis estadístico para la variable densidad aparente del suelo. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987 y 1988.....	79
Cuadro 4.9.	Potenciales catiónicos elementales, asociados con la aplicación de cuatro dosis de rastrojo como acolchado. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987 y 1988.....	81
Cuadro 4.10.	Potenciales catiónicos asociados con la aplicación de cuatro dosis de rastrojo como acolchado. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987 y 1988.....	84
Cuadro 4.11.	Relaciones catiónicas (K, Ca y Mg) asociadas con la aplicación de cuatro dosis de rastrojo como acolchado. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987 y 1988.....	87
Cuadro 4.12.	Coeficientes de correlación entre los cationes intercambiables y los potenciales nutritivos con respecto a la concentración foliar de K, Ca y Mg. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987 y 1988.....	89
Cuadro 4.13.	Composición foliar asociada con la aplicación de cuatro dosis de nitrógeno, fósforo y acolchado del suelo. Manzano var. Golden Delicious sobre patrón MM111. Los Lirios, Coahuila. Agosto de 1987.....	94
Cuadro 4.14.	Composición foliar asociada con la aplicación de cuatro dosis de nitrógeno, fósforo y acolchado del suelo. Manzano var. Golden Delicious sobre patrón MM111. Los Lirios, Coahuila. Agosto de 1988.....	95

- Cuadro 4.15. Diagnóstico nutrimental por el método de rangos de suficiencia para cada uno de los tratamientos evaluados. Los Lirios, Coahuila, Ciclo 1988.....97
- Cuadro 4.16. Porcentaje de nutrimentos en condición sub y supraóptima según dos criterios de interpretación de los rangos de suficiencia. Los Lirios, Coahuila, Ciclo 1988.....96
- Cuadro 4.17. Normas usadas para el cálculo de los índices DRIS en manzano var. Golden Delicious/MMM111. Los Lirios, Coahuila, Ciclo 1988.....98
- Cuadro 4.18. Índices DRIS, orden de requerimiento de los elementos e índices de desbalance nutricional (IDN), en función de 17 tratamientos al suelo. Manzano var. Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....99
- Cuadro 4.19. Frecuencia del orden de deficiencias de nutrimentos en manzano var. Golden Delicious/MM111, mediante el uso del DRIS. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....100
- Cuadro 4.20. Frecuencia del orden de excesos de nutrimentos en manzano var. Golden Delicious/MM111, mediante el uso del DRIS. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....101
- Cuadro 4.21. Porcentaje de tratamientos con nutrimentos deficientes o en suficiencia relativa, según dos enfoques de diagnóstico nutricional. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....102
- Cuadro 4.22. Area de la sección transversal del tronco (ASTT) en cm /árbol, al inicio de cada ciclo de evaluación. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1986, 1987 y 1988.....104
- Cuadro 4.23. Cuadrado medio del error (CME), F calculada (Fc), y coeficientes de variación (C.V.) en el análisis de estadístico para la variable área de la sección transversal del tronco (ASTT) al inicio de cada ciclo de evaluación. Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila.....105

Cuadro 4.24. Cuadrado medio del error (CME), F calculada (Fc), y coeficientes de variación (C.V.), en el análisis estadístico para la variable incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT). Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila.....106

Cuadro 4.25. Efectos factoriales medios (EFM) y diferencia de medias en el análisis factorial para la variable incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT). Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclos 1986, 1987 y 1988.....108

Cuadro 4.26. Incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT) asociado con la aplicación de dos niveles de fósforo al suelo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1986, 1987 y 1988.....109

Cuadro 4.27. Porcentajes de incremento en relación al área de la sección transversal del tronco al inicio de cada ciclo de evaluación, y porcentaje de incremento total. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1986, 1987 y 1988.....122

Cuadro 4.28. Coeficientes de correlación entre el incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT), y algunas características físicas del suelo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....126

Cuadro 4.29. Coeficientes de correlación entre el incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT), y algunas características físicas del suelo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....127

Cuadro 4.30. Coeficientes de correlación entre el incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT), y las características químicas del suelo. Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....129

- Cuadro 4.31. Coeficientes de correlación entre el incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT), y los potenciales catiónicos del suelo. Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....130
- Cuadro 4.32. Coeficientes de correlación entre el incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT), y la composición foliar del árbol durante la primera quincena de agosto. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....131
- Cuadro 4.33. Coeficientes de correlación entre el incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT) en 1988 y las características químicas del suelo en 1987. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila.....132
- Cuadro 4.34. Coeficientes de correlación entre el incremento e área de la sección transversal del tronco (IASTT) en 1988 y los potenciales catiónicos del suelo en 1987. Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila.....133
- Cuadro 4.35. Coeficientes de correlación entre el incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT), y las características químicas del suelo. Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios Coahuila. Ciclo 1988.....134
- Cuadro 4.36. Coeficientes de correlación entre el incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT), y los potenciales catiónicos del suelo. Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....134
- Cuadro 4.37. Coeficientes de correlación entre el incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT) en 1988 y la composición foliar del árbol durante la primera quincena de agosto de 1987. Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila.....135

Cuadro 4.38. Coeficientes de correlación entre el incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT), y la composición foliar del árbol durante la primera quincena de agosto. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....136

Cuadro 4.39. Cuadrado medio del error (CME) y F calculada (Fc), en el análisis de varianza para la variable crecimiento de brotes. Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila.....155

Cuadro 4.40. Efectos factoriales medios (EFM) y diferencia de medias en el análisis factorial para la variable crecimiento de brotes. Manzano var. Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclos 1986, 1987 y 1988.....156

Cuadro 4.41. Coeficientes de correlación entre el crecimiento de brotes, y el área de la sección transversal del tronco (ASTT). Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....158

Cuadro 4.42. Coeficientes de correlación entre el crecimiento de brotes y el área de la sección transversal del tronco (ASTT). Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....159

Cuadro 4.43. Coeficientes de correlación entre el crecimiento de brotes y algunas características físicas del suelo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....174

Cuadro 4.44. Coeficientes de correlación entre el crecimiento de brotes y algunas características físicas del suelo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....174

Cuadro 4.45. Coeficientes de correlación entre el crecimiento de brotes y las características químicas del suelo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....175

Cuadro 4.46.	Coeficientes de correlación entre el crecimiento de brotes y los potenciales catiónicos en el suelo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....	176
Cuadro 4.47.	Coeficientes de correlación entre el crecimiento de brotes y la concentración foliar de nutrimentos. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....	176
Cuadro 4.48.	Coeficientes de correlación entre el crecimiento de brotes y las características químicas del suelo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....	177
Cuadro 4.49.	Coeficientes de correlación entre el crecimiento de brotes y los potenciales catiónicos en el suelo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....	177
Cuadro 4.50.	Coeficientes de correlación entre el crecimiento de brotes en 1988 y la concentración foliar de nutrimentos en 1987. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila.....	178
Cuadro 4.51.	Coeficientes de correlación entre el crecimiento de brotes y la concentración foliar de nutrimentos. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....	178
Cuadro 4.52.	Ecuaciones de regresión para estimar el área foliar en función de la longitud y el tipo de brote en manzano Golden Delicious. (Johnson y Lakso, 1985).....	182
Cuadro 4.53.	Cuadrado medio del error (CME) y F calculada (Fc) en el ANVA para la variable rendimiento total de frutos y por categorías. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987 y 1988.....	189

Cuadro 4.54 Efectos factoriales medios (EFM) y diferencia de medias en el análisis factorial para la variable rendimiento (R) de fruto total y por categoría. Manzano Golden Delicious /MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....191

Cuadro 4.55. Efectos factoriales medios (EFM) y diferencia de medias en el análisis factorial para la variable número de frutos total y por categoría. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....192

Cuadro 4.56. Efectos factoriales medios (EFM) y diferencia de medias en el análisis factorial para la variable rendimiento (R) de fruto total y por categoría. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....194

Cuadro 4.57. Efectos factoriales medios (EFM) y diferencia de medias en el análisis factorial para la variable número de frutos total y por categoría. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....195

Cuadro 4.58. Coeficientes de correlación entre el rendimiento de frutos y el número y peso de frutos por categoría. Los Lirios, Coahuila. Ciclos 1987 y 1988.....198

Cuadro 4.59. Coeficientes de correlación entre el rendimiento de frutos y la longitud de brotes. Manzano Golden Delicious/MM111 Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....201

Cuadro 4.60. Coeficientes de correlación entre el rendimiento de frutos, el área de la sección transversal del tronco (ASTT), y su incremento (IASTT). Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....201

Cuadro 4.61. Coeficientes de correlación entre el rendimiento de frutos, y la longitud de brotes en manzano var. Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....202

Cuadro 4.62. Coeficientes de correlación entre el rendimiento de fruto, y el área de la sección transversal del tronco. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila.....204

Cuadro 4.63. Coeficientes de correlación entre el rendimiento de fruto, y el incremento en área de la sección transversal del tronco en manzano var. Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila.....205

Cuadro 4.64. ANVA ajustado en el análisis de covarianza para el número y peso de frutos total y por categoría. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....214

Cuadro 4.65. ANVA ajustado en el análisis de covarianza para el número y peso de frutos total y por categoría. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....215

Cuadro 4.66. Efectos factoriales medios (EFM) y diferencia de medias en el análisis factorial para la variable número de frutos total y por categoría (valores ajustados por covarianza). Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....217

Cuadro 4.67. Efectos factoriales medios (EFM) y diferencia de medias en el análisis factorial para la variable rendimiento de frutos total y por categoría (valores ajustados por covarianza). Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....218

Cuadro 4.68. Coeficientes de correlación entre el número total de frutos y por categoría con respecto a su peso. Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987 y 1988.....219

Cuadro 4.69. Coeficientes de correlación entre el número de frutos total y el número de frutos por categoría. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....246

Cuadro 4.70. Porcentaje de incremento en relación al testigo, del rendimiento total y por categoría para la fertilización nitrofosfatada y potásica bajo acolchado. Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....247

Cuadro 4.71 Coeficientes de correlación entre el número y peso de frutos total y por categorías, y algunas características físicas del suelo. Manzano Golden Delicious/MM111.Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....249

Cuadro 4.72. Coeficientes de correlación entre el número y peso de frutos total y por categorías, y algunas características físicas del suelo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....250

Cuadro 4.73. Coeficientes de correlación entre el rendimiento de frutos y el contenido de humedad (g/g) en el suelo. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....251

Cuadro 4.74. Coeficientes de correlación entre las variables de producción y las características químicas del suelo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....252

Cuadro 4.75. Coeficientes de correlación entre el rendimiento de fruto y los potenciales catiónicos en el suelo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....253

Cuadro 4.76. Coeficientes de correlación entre las variables de producción y las características químicas del suelo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....254

Cuadro 4.77. Coeficientes de correlación entre las variables de producción y los potenciales catiónicos en el suelo. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....256

Cuadro 4.78. Coeficientes de correlación entre las variables de producción en 1988 y las características químicas del suelo en 1987. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila.....257

Cuadro 4.79. Coeficientes de correlación entre las variables de producción en 1988 y los potenciales catiónicos en 1987. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila.....258

Cuadro 4.80. Coeficientes de correlación entre la producción de frutos por árbol, y la composición foliar durante la primera quincena de agosto. Manzano Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....259

Cuadro 4.81. Coeficientes de correlación entre la productividad de los árboles, y su composición foliar durante la primera quincena de agosto. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....260

Cuadro 4.82. Coeficientes de correlación entre la producción de frutos por árbol en 1988, y la composición foliar durante la primera quincena de agosto de 1987. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila.....261

Cuadro 4.83. Nitrógeno requerido por diferentes partes de un árbol de manzano de 18 a 20 años (Titus y Kang, 1982).....267

## INDICE DE FIGURAS

Página

Figura 3.1.	Representación gráfica de la matriz Plan Puebla 1 para tres factores.....	51
Figura 4.1.	Potencial hídrico del suelo (Y) para el estrato 0-30 cm en función de cuatro fechas de muestreo y cuatro dosis de rastrojo. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987 y 1988.....	66
Figura 4.2.	Potencial hídrico promedio para el estrato 0-30 cm en función de cuatro dosis de rastrojo. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....	67
Figura 4.3.	Temperatura del suelo en función del contenido de humedad en el estrato 0-30 cm. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....	73
Figura 4.4.	Resistencia a la penetración del suelo en función de cuatro dosis de acolchado y tres profundidades de muestreo. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....	76
Figura 4.5.	Potenciales potasio-cálcicos pK-0.5pCa asociados con la aplicación de cuatro dosis de rastrojo como acolchado. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987 y 1988.....	83
Figura 4.6.	Concentración nutrimental asociada con la aplicación de cuatro dosis de rastrojo como acolchado. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....	90
Figura 4.7.	Incremento en área de la sección transversal del tronco en función de cuatro dosis de fósforo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1986, 1987 y 1988.....	111
Figura 4.8.	Incremento en área de la sección transversal del tronco en función de cuatro dosis de fósforo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclos 1986+1987, 1987+1988 y 1986+1987+1988.....	112

Figura 4.9. Incremento en área de la sección transversal del tronco en función de cuatro dosis de nitrógeno. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1986, 1987 y 1988..... 115

Figura 4.10. Incremento en área de la sección transversal del tronco en función de cuatro dosis de nitrógeno. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclos 1986+1987, 1987+1988 y 1986+1987+1988.....116

Figura 4.11. Incremento en área de la sección transversal del tronco en función de cuatro dosis de rastrojo como acolchado. Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1986, 1987 y 1988.....118

Figura 4.12. Incremento en área de la sección transversal del tronco en función de cuatro dosis de rastrojo como acolchado. Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclos 1986+1987, 1987+1988 y 1986+1987+1988.....120

Figura 4.13. Incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT) en función del contenido gravimétrico de humedad del suelo en el mes de mayo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....128

Figura 4.14. Crecimiento de brotes de manzano variedad Golden Delicious/MM111, en función de cuatro dosis de fósforo. Los Lirios, Coahuila. Ciclos 1986, 1987 y 1988.....160

Figura 4.15. Crecimiento de brotes de manzano variedad Golden Delicious/MM111, en función de cuatro dosis de fósforo. Los Lirios, Coahuila. Ciclos 1986+1987 y 1986-1988.....163

Figura 4.16. Crecimiento de brotes en función de cuatro dosis de nitrógeno. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1986, 1987, y 1988.....165

Figura 4.17.	Crecimiento de brotes acumulado en función de cuatro dosis de nitrógeno. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclos 1986+1987, 1987+1988, y 1986+1987+1988.....	168
Figura 4.18.	Crecimiento de brotes en función de cuatro dosis de rastrojo como acolchado. Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1986, 1987, y 1988.....	170
Figura 4.19.	Crecimiento de brotes acumulado en función de cuatro dosis de rastrojo como acolchado. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclos 1986+1987, 1987+1988, y 1986+1987+1988.....	172
Figura 4.20.	Peso y número de frutos total y por categorías en función del área de la sección transversal del tronco (ASTT). Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios Coahuila. Ciclo 1988.....	208
Figura 4.21.	Peso y número de frutos total y por categorías en relación al incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT). Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....	210
Figura 4.22.	Número total de frutos por árbol para la fertilización nitrofosfatada y potásica bajo acolchado. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....	220
Figura 4.23.	Rendimiento total de frutos por árbol para la fertilización nitrofosfatada y potásica bajo acolchado. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....	221
Figura 4.24.	Rendimiento de frutos por categoría (kg/árbol) para la aplicación de cuatro dosis de nitrógeno. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....	225
Figura 4.25.	Rendimiento de frutos por categoría (kg/árbol) para la aplicación de cuatro dosis de fósforo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....	226

Figura 4.26.	Rendimiento de frutos por categoría (kg/árbol) para la aplicación de cuatro dosis de rastrojo como acolchado. Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....	228
Figura 4.27.	Rendimiento de frutos por categoría (kg/árbol) para la aplicación de cuatro dosis de potasio. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.....	230
Figura 4.28.	Rendimiento de frutos por categoría (kg/árbol) para la aplicación de cuatro dosis de nitrógeno (valores observados). Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....	231
Figura 4.29.	Rendimiento de frutos por categoría (kg/árbol) para la aplicación de cuatro dosis de fósforo (valores observados). Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....	233
Figura 4.30.	Rendimiento de frutos por categoría (kg/árbol) para la aplicación de cuatro dosis de rastrojo como acolchado (valores observados). Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....	234
Figura 4.31.	Rendimiento de frutos por categoría (kg/árbol) para la aplicación de cuatro dosis de potasio (valores observados). Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....	235
Figura 4.32.	Rendimiento de frutos por categoría (kg/árbol) para la aplicación de cuatro dosis de nitrógeno (valores ajustados). Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....	237
Figura 4.33.	Rendimiento de frutos por categoría (kg/árbol) para la aplicación de cuatro dosis de fósforo (valores ajustados). Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....	238

Figura 4.34. Rendimiento de frutos por categoría (kg/árbol) para la aplicación de cuatro dosis de rastrojo como acolchado (valores ajustados). Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....239

Figura 4.35. Rendimiento de frutos por categoría (kg/árbol) para la aplicación de cuatro dosis de potasio (valores ajustados). Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....241

Figura 4.36. Rendimiento total de frutos por árbol para la fertilización nitrofosfatada y potásica bajo acolchado (valores observados). Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....242

Figura 4.37. Rendimiento total de frutos por árbol para la fertilización nitrofosfatada y potásica bajo acolchado (valores ajustados). Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.....244

## I. INTRODUCCION

En el municipio de Arteaga, Coahuila, se cosecharon durante el ciclo 1988, 44,097 ton de manzana con un valor de 19,151 millones de pesos, lo cual indica la gran importancia que este frutal ha adquirido en la región, tanto por la superficie cosechada y el valor de la producción como por el enorme volumen de mano de obra que ocupa y los ingresos que proporciona a sus habitantes.

En esta zona las condiciones de humedad en las que se explota el manzano son limitativas, bajo riego, porque no se llevan a cabo prácticas que promuevan un uso más eficiente del agua y bajo temporal, porque la precipitación anual es insuficiente para satisfacer la demanda del cultivo, lo cual trajo como consecuencia que el rendimiento unitario bajo temporal en 1988, fuera un 39 por ciento inferior al obtenido bajo riego, siendo éstos de 3.881 y 6.354 ton/ha respectivamente, y en este sentido, el acolchado de suelos es una práctica que ha demostrado una notable influencia sobre la eficiencia en el uso del agua y sobre otras características del suelo.

Con respecto a la fertilización, son muy escasas las investigaciones sobre esta práctica para la gran diversidad de suelos, variedades, portainjertos, edades, densidades de plantación y condiciones de humedad que prevalecen en la Sierra de Arteaga, lo cual repercute en una gran variación del estado nutricional de los árboles.

El fenómeno de la alternancia, parece ser una característica inherente a la naturaleza de plantas leñosas y en especies como el manzano determina la fluctuación bi-anual de la producción, por este motivo, es necesario que los factores involucrados en las diversas investigaciones con este frutal, se evalúen en un período mínimo de dos años, esto con la finalidad de recabar la información correspondiente al año de baja y alta producción, para así llegar a conclusiones más objetivas.

Debido a la importancia económica y social que representa para los habitantes de la Sierra de Arteaga la explotación del manzano, y dada la factibilidad de brindar una mejor condición hídrica al cultivo con el uso de acolchados, y por la importancia de optimizar el uso de fertilizantes en la producción frutícola, se plantearon en esta investigación las siguientes hipótesis y objetivos:

## HIPOTESIS

1. La baja disponibilidad de agua y nutrimentos, la escasa eficiencia de la fertilización edáfica, y algunas características físico-químicas del suelo, se mejoran con la aplicación de rastrojo como acolchado.
2. La aplicación de nitrógeno, fósforo y acolchado, mejora el crecimiento de brotes, el incremento en área de la sección transversal del tronco, el estado nutricional, y el rendimiento y la calidad de frutos en manzano.

## OBJETIVOS

1. Incrementar el rendimiento y la calidad de frutos del manzano, mediante la selección de las mejores dosis de nitrógeno, fósforo, potasio, y acolchado del suelo.
2. Evaluar el efecto de cuatro dosis de nitrógeno, fósforo y acolchado del suelo, sobre el crecimiento de brotes, el incremento en área transversal del tronco, el estado nutricional, y el rendimiento y la calidad de frutos del manzano Golden Delicious sobre patrón MM111.
3. Determinar la influencia del acolchado sobre la disponibilidad de agua y nutrimentos, la eficiencia de los fertilizantes aplicados, y sobre algunas características físico-químicas del suelo.
4. Determinar el efecto de la alternancia sobre el patrón de crecimiento y las necesidades de fertilización del manzano.

## II. REVISION DE LITERATURA

### El Acolchado de Suelos

El acolchado se define como la aplicación o creación de cualquier cubierta sobre la superficie del suelo, que sirva de barrera para la transferencia de calor o vapor (Kramer et al., 1975), o como medio de protección del suelo y los cultivos contra la acción de los agentes atmosféricos (Robledo y Martin, 1981).

Los materiales utilizados como acolchado, comprenden sustancias orgánicas como residuos de cosecha (paja y rastrojo), pasto cortado, estiércoles, aserrín, corteza de árbol, hojas y sustancias de desecho; sustancias minerales como arena, grava y piedras, o materiales manufacturados como el plástico, papel, fibra de vidrio, celofanes y láminas metálicas (Robinson, 1988). Respecto a la fuente del acolchado, se sugiere que sea un material disponible en el lugar y en el tiempo requerido y a un costo relativamente económico (Boynton et al., 1952).

El propósito más usual al utilizar los acolchados, es prevenir las pérdidas de agua por evaporación, influir sobre

la temperatura del suelo o minimizar el crecimiento de malezas (Hanks et al., 1961). Sin embargo, los acolchados han sido empleados con éxito para aumentar el crecimiento vegetativo (Tang et al., 1983; Shribbs y Skroch, 1986a) y el rendimiento y la calidad de frutos (García, 1989; Ruíz, 1989), así como la actividad de los organismos del suelo (Yu et al., 1983); también se han usado para reducir la incidencia de enfermedades (Alan, 1976), mejorar las condiciones físicas del suelo (Ruíz, 1989; Haynes, 1981), disminuir los efectos de las heladas (Kohnke y Werkhoven, 1963) o bien, incrementar la disponibilidad de nutrimentos (Gardner et al., 1939) y la eficiencia de los fertilizantes aplicados (Broeshart y Keppel, 1984).

### **El Acolchado y la Condición Física del Suelo**

La condición física del suelo está estrechamente relacionada con una gran diversidad de procesos que tienen lugar en el mismo, como la renovación del aire, el cual se lleva a cabo por difusión de gases y por flujo de masa, procesos que dependen de las características físicas del suelo. Así mismo, procesos de transporte como el movimiento de agua y de solutos y la transferencia de calor, son de gran importancia para la agricultura y están afectados directa o indirectamente por la condición física del suelo (Narro, 1987).

El manejo del suelo con algún sistema de cobertura, ha demostrado ser una técnica eficaz para conservarlo en buen estado. Haynes (1981) comparó dos sistemas de manejo de suelo en un huerto comercial de manzano y encontró que al mantener el suelo desnudo, se promovió la compactación de la superficie del suelo, mayor densidad aparente y mayor resistencia a la penetración, además se redujo la porosidad y la tasa de infiltración, todo esto en relación con el sistema de pasto cortado.

En un reporte sobre el manejo de suelos en huertos, Skroch y Shribbs (1986) citan que con el sistema de labranza se promueve un deterioro de la estabilidad de los agregados, lo cual se reduce mediante el uso de acolchado y el sistema de pasto debido a un incremento en la materia orgánica. El acolchado con materia orgánica también amortigua el impacto de las gotas de lluvia y el viento, aumenta la resistencia a la erosión y reduce la formación de costras (Kohnke y Werkhoven, 1963; Narro, 1987).

Ruíz (1989) evaluó diferentes materiales de cobertura y observó que el estiércol bovino y caprino aplicados como acolchado, disminuyeron la densidad aparente y la resistencia del suelo a la penetración al segundo año de estudio. Sin embargo, este efecto de los acolchados orgánicos no se debe solo a la incorporación de materia orgánica, ya que el uso de películas plásticas también promueve una mejor condición

física del suelo, reduce densidad aparente (Yu et al., 1983; Ruíz, 1989) y la resistencia del suelo a la penetración (Ruíz, 1989).

### **El Acolchado y la Temperatura del Suelo**

La mayoría de las funciones fisiológicas están controladas de alguna manera por mecanismos dependientes de la temperatura (Miller, 1986). La temperatura del suelo desempeña un papel de vital importancia para las plantas; afecta directa e indirectamente el crecimiento y desarrollo de raíces y partes vegetativas subterráneas y en consecuencia al desarrollo del follaje. Entre los efectos directos de la temperatura edáfica sobre el desarrollo vegetal, se incluye a los que actúan sobre el crecimiento radical, absorción de agua y nutrimentos, germinación de semillas, brotación de yemas vegetativas y velocidad de respiración; entre los efectos indirectos está la influencia de la temperatura en el movimiento de agua en el suelo, difusión de gases y solutos, actividad microbiana y enzimática, descomposición de materia orgánica, procesos químicos como solubilidad, intemperismo, formación de arcillas y estructura del suelo (Narro, 1987).

La temperatura del suelo es una variable que puede ser alterada por la radiación solar, el acolchado y los cultivos de cobertura o por la pendiente del terreno (Ghuman y Lal, 1982). Sin embargo, el acolchado es una de las

principales alternativas para el manejo de esta característica (Narro, 1987) y se ha encontrado que tanto los acolchados orgánicos como inorgánicos son útiles para este propósito (Tripathi y Katiyar, 1984).

Dado que la conductividad térmica de un acolchado es generalmente menor que la del suelo, la ganancia o pérdida de calor es menor bajo este sistema. Muchos investigadores han citado este efecto sobre la temperatura del suelo como una de las razones por las que la evaporación es menor (Hanks et al., 1961). Al respecto, Hanks (1958) señala que si todas las otras condiciones son constantes, tales como contenido de humedad o grosor del acolchado, la evaporación es directamente proporcional a la temperatura del suelo. Sin embargo bajo condiciones de campo no siempre hay esta relación directa debido a que intervienen otros factores.

Aún cuando se ha observado una reducción en las fluctuaciones de la temperatura del suelo mediante el sistema de arropado (Kohnke y Werkhoven, 1963; Gavande, 1972; Stojanowska, 1988), los acolchados orgánicos en general tienden a reducir la temperatura edáfica (Ross et al., 1986; García, 1989; Ruíz, 1989) en tanto que los plásticos promueven un efecto contrario (Gavande, 1972; Kramer et al., 1975; Tang et al., 1983; Suzuki et al., 1983; García, 1989; Ruíz, 1989).

Bajo el polietileno, la temperatura del suelo y el flujo de calor es mayor debido a que no permite las pérdidas de calor por evaporación y reduce el paso de la radiación de onda corta emitida por el suelo (Tripathi y Katiyar, 1984). En este sentido, el acolchado se considera como un filtro de radiación el cual actúa en forma independiente de la superficie del suelo. El acolchado vegetal puede reducir la temperatura edáfica hasta en 20 °C al interceptar la radiación y disiparla eficientemente por libre convección, sin un incremento concomitante de la temperatura del suelo subyacente (Ross et al., 1986).

El gran efecto térmico del acolchado quedó demostrado con el trabajo de Kohnke y Werkhoven (1963), en el cual encontraron que a una pulgada de profundidad, el suelo desnudo dejó pasar de 1.53 a 9.02 cal/cm<sup>2</sup>/día, mientras que el acolchado orgánico dejó pasar de 0.67 a 5.35 cal/cm<sup>2</sup>/día. Estos autores indican que las fluctuaciones de temperatura son importantes, ya que causan variaciones en la presión de vapor del agua, oxígeno, CO<sub>2</sub> y otros gases y pueden ser responsables de su movimiento.

### **El Acolchado y la Disponibilidad de Agua**

La remoción de agua de la superficie del suelo por evaporación es un proceso complejo (Gavande, 1972). Se entiende por evaporación el paso del agua líquida a vapor

mediante el consumo de cierta cantidad de calor, sin embargo este término se ha usado para identificar el proceso de transporte del vapor de agua que se desprende desde la superficie de los suelos húmedos y el cual es responsable de la pérdida de cantidades significativas de humedad aprovechable (Narro, 1987).

La tasa de evaporación de una superficie de suelo húmeda y desnuda, es determinada por factores meteorológicos y en particular por la energía disponible para cambiar el agua líquida en fase de vapor (Baver et al., 1980), además para que se pueda verificar la evaporación, Narro (1987) menciona que se requiere de agua suficiente en el suelo superficial y que exista un gradiente de presión, así como también capacidad del medio para dejar pasar el vapor.

Al respecto, existe un consenso general entre un gran número de investigadores, en el sentido de que el acolchado es una práctica que ejerce una notable influencia sobre la reducción de las pérdidas de agua por evaporación (Russel, 1939; Gavande, 1972; Ravel, 1968; Marshall y Holmes, 1979; Trocme y Gras, 1979; Baver et al., 1980; Fernández, 1982; Martínez, 1985; Munguía, 1985; Narro, 1985; Narro, 1987; Robinson, 1988; García, 1989; Ruíz, 1989; Tapia, 1991), ya sea al promover una mayor infiltración de agua en el suelo (Schneider y Scarbrough, 1960), al aumentar la resistencia a la remoción del vapor de agua (Narro, 1987), al reducir la

cantidad de energía radiante que inside sobre el suelo (Marshall y Holmes, 1979; Ross et al., 1986) o bien, al actuar solo físicamente como barrera protectora (Ravel, 1968); todo lo cual promueve una mayor disponibilidad de agua para los cultivos (Schneider y Scarbrough, 1960; Robledo y Martin, 1981; Davidson, 1982).

García (1989) y Ruíz (1989) en estudios por separado en diferentes localidades de la Sierra de Arteaga, Coahuila, evaluaron cinco materiales de cobertura en el cultivo del manzano y coincidieron en señalar, que el rastrojo de maíz fue el material de acolchado que promovió una mejor condición de humedad en el suelo.

### **El Acolchado y el Crecimiento y la Producción de Manzano**

Diversos autores han encontrado que el acolchado de suelos es una práctica muy recomendable para obtener una mayor producción en huertas de manzano (Spice, 1959; Robledo y Martin, 1981; Mage, 1982; Niggli et al., 1985). Funke (1982) indica que al acolchar con polietileno negro las variedades Cox's Orange Pippin sobre M.9 y James Grive sobre M.4, se obtuvieron incrementos en producción -en relación al suelo desnudo- de 48 y 508 por ciento respectivamente. Resultados similares fueron reportados por Salvetti (1982), el cual encontró aumentos en rendimiento de 70 y 78 por ciento con los mismos tratamientos y materiales vegetativos.

En un estudio conducido durante siete años en la variedad McIntosh, Stojanowska (1988) encontró que al acolchar los árboles con laminillas de estaño, el rendimiento fue superior de 18 a 24 por ciento en relación con aquéllos en que el suelo fue tratado con herbicida.

Ruíz (1989) evaluó durante dos años en San Antonio de las Alazanas, municipio de Arteaga, Coahuila, varios materiales de acolchado y láminas de riego en la variedad Golden Delicious sobre MM109, y encontró que los acolchados incrementaron el rendimiento promedio respecto al tratamiento testigo en 59.7 por ciento en 1987 y 38.9 por ciento en 1988; en esta evaluación destacó la respuesta obtenida con el estiércol caprino y el rastrojo, los que produjeron incrementos de 132 y 112 por ciento en 1987, de 63.9 y 28.8 por ciento en 1988 y en rendimiento acumulado de 83.8 y 53.1 por ciento respectivamente. Con la misma variedad pero sobre MM111 y en la localidad de Los Lirios, del mismo municipio, García (1989) evaluó cinco materiales de cobertura y encontró incrementos en producción desde un ocho por ciento con el estiércol caprino hasta un 26 por ciento con el bovino esto en comparación con el testigo, mientras que los acolchados con polietileno negro, rastrojo y papel periódico, presentaron incrementos de 19, 21 y 24 por ciento respectivamente. En general se estima que al acolchar el suelo, se pueden esperar incrementos de 35 a 50 por ciento en la producción de manzano (Salvetti, 1982).

En relación al efecto de los acolchados sobre el crecimiento del manzano, se ha observado que mediante esta práctica se mejora el crecimiento de los árboles (Tang et al., 1973; Stojanowska, 1988). Ruíz (1989) reportó que los tratamientos de acolchado presentaron mayores incrementos en el área de la sección transversal del tronco en comparación al testigo; el acolchado con polietileno fue el mejor con respecto a esta variable. En cuanto al crecimiento de brotes, los acolchados mantuvieron tasas de crecimiento más elevadas en relación al testigo, donde destaca el efecto mostrado por el acolchado de grava en los dos años de evaluación.

Robinson (1988) reporta que el incremento promedio en el crecimiento de manzanos, acolchados con polietileno negro, fue de 30 a 40 por ciento superior al testigo, comparado con solo el 10 por ciento observado con el acolchado de paja. Por su parte Shribbs y Skroch (1986a) señalan que al comparar 12 sistemas de cobertura, encontraron que el acolchado con paja de centeno fue el tratamiento que promovió un mayor crecimiento de brotes y un mayor diámetro de tronco.

García (1989) señala que todos los materiales de acolchado que evaluó, generaron mayores incrementos en el área transversal de tronco y la longitud de brotes que el testigo, y destacó el efecto del estiércol bovino y del rastrojo, ya que ambos promovieron incrementos 46 por ciento

superiores al testigo para la primera variable y 53 por ciento en promedio para la variable longitud de brotes.

### **El Acolchado y la Disponibilidad y Absorción de Nutrimentos**

El acolchado es una práctica que influye sobre algunas variables del suelo y la planta, que se relacionan directamente con la disponibilidad y el aprovechamiento de los nutrimentos del suelo.

Dado el marcado efecto de los acolchados sobre la condición hídrica del suelo, se puede citar aquí la influencia que ejerce el contenido de humedad sobre la concentración de elementos en la solución del suelo (Factor de intensidad), lo cual repercute en los niveles de absorción de algunos elementos; asimismo, al utilizar acolchados orgánicos, la descomposición y mineralización de los mismos aporta nutrimentos tanto a la solución como a la fase de intercambio del suelo, modificando con esto los factores de cantidad y capacidad de suministro de elementos.

Varios autores señalan que esta técnica incrementa el nivel de algunos nutrimentos en el suelo (Wander y Gourley, 1944; Boynton et al., 1952; Schuricht et al., 1984; Engel, 1986; Stojanowska, 1988; Gysi et al., 1988; Ruíz, 1989), influye sobre la concentración de elementos en el follaje del manzano (Baker, 1941; Wander y Gourley, 1944; Bould y Jarret,

1962; Neilsen et al., 1986; Neilsen y Hogue, 1985; Shribbs y Skroch, 1986a), o bien, aumentan la eficiencia de los fertilizantes aplicados (Broeshart y Keppel, 1984), todo lo cual dependerá del tipo de acolchado utilizado, ya que se han reportado algunas diferencias entre el efecto de los materiales orgánicos con respecto a los inorgánicos.

En relación al uso de estiércoles y residuos de cosecha, Gardner et al. (1939) y Wander y Gourley (1944) coinciden en señalar que este tipo de acolchado tiende a incrementar la disponibilidad de P, K, Ca, Mg y B, mientras que para el caso del N, Boynton y Oberly (1966) indican que la contribución del acolchado orgánico, dependerá en gran parte de su contenido de N y de su relación C:N. Al respecto Robinson (1988) indica que la aplicación de materiales de acolchado con una alta relación C:N (mayor de 30:1) resultará en una depresión de la nitrificación por lo menos inicialmente y que acolchados como el aserrín fresco (C:N de 500:1), o la paja de trigo y cebada con relaciones C:N de 100:1, normalmente requerirán de aplicaciones adicionales de nitrógeno para compensar este desbalance.

Ruíz (1989) señala que evaluó cinco materiales de acolchado y encontró que los estiércoles presentaron los incrementos más altos de N en el suelo seguidos por el rastrojo, sin embargo los acolchados inorgánicos (grava y polietileno) también generaron valores más altos que el

testigo. Este efecto de los materiales inorgánicos podría explicarse a través de las observaciones de Russell (1961), quien indica que durante períodos secos el incremento en el contenido de humedad bajo los acolchados, permite que la descomposición de materia orgánica continúe la producción de nitratos por un tiempo más prolongado que en un suelo desnudo, lo cual corrobora con los resultados de Neilsen y Hogue (1985), quienes encontraron que el plástico negro mantuvo la concentración más alta de N foliar en relación a los tratamientos con cubierta de pasto.

Cabe aclarar, que debido a la gran movilidad de los nitratos en el suelo, un exceso de humedad bajo el acolchado puede provocar que este ión sea lixiviado en mayor cantidad que en los suelos no acolchados (Boynton y Oberly, 1966; Russell, 1961). Este efecto negativo se puede atenuar con el uso de cubiertas de pasto según Gysi et al. (1988), quienes concluyen que un alto contenido de nitratos en la zona radical y por lo tanto una mayor probabilidad de pérdida por lavado, podrían ser evitados con el uso de este tipo de acolchado y menores dosis de fertilizante nitrogenado.

Se ha reportado también que la cubierta de pasto disminuye la disponibilidad de nitrógeno (Engel, 1986), y aumenta en cambio la cantidad de potasio intercambiable y de fósforo en el suelo (Russell, 1961). A nivel de absorción, este sistema reduce la concentración del N foliar en manzano

(Neilsen y Hogue, 1985; Shribbs y Skroch, 1986b) y promueve una mayor absorción de fósforo y potasio (Bould y Jarret, 1962; Shribbs y Skroch, 1986b).

El acolchado en términos generales, promueve una mayor absorción de potasio (Baker, 1941; Trocme y Gras, 1979), y si bien esta práctica tiende a aumentar la cantidad de K en el suelo, se observa que este elemento se incrementa más con los acolchados orgánicos que con los inorgánicos (Ruíz, 1989), y dado el marcado efecto que tiene el K en la absorción de Ca y Mg, las relaciones catiónicas entre estos elementos han sido ampliamente estudiadas, y se observa que existen efectos antagónicos en la absorción de estos iones.

Mengel y Kirkby (1982) citan que la absorción de Ca puede ser restringida competitivamente por la presencia de otros cationes como el K y el  $\text{NH}_4$ . También se ha observado que la absorción de Mg puede ser afectada por cationes como K,  $\text{NH}_4$ , Ca y Mn (Marschner, 1986). Para el caso del manzano, Mengel y Kirkby (1982) citan que altos niveles de K en el suelo promueven deficiencias de Mg en este frutal.

Wander y Gourley (1944) reportan que al utilizar paja de trigo como acolchado en árboles de manzano, se incrementó la concentración foliar de potasio y fósforo, mientras que el contenido de Ca y Mg fue disminuido. Resultados contrastantes reportaron Nielsen y Hogue (1985) al eliminar la cubierta

vegetal, ya que mediante este sistema se disminuyó la concentración de potasio y fósforo y se incrementó en cambio el contenido de magnesio foliar.

En cuanto a la eficiencia de los fertilizantes bajo este sistema, se ha observado en estudios de fertilización con nitrógeno marcado y acolchado con pasto cortado, que una unidad de N como acolchado podría suministrar tanto N a los árboles de manzano como dos unidades de este elemento en forma de  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$  (Broeshart y Keppel, 1984).

### **La Disponibilidad de Nutrientes**

Existen tres factores que tienen una gran influencia sobre la disponibilidad de elementos para las plantas, los cuales se han denominado factores de cantidad, intensidad y capacidad.

El término intensidad más frecuentemente usado ha sido la concentración, ya que casi todos los investigadores justifican que se usan concentraciones diluídas, sin embargo esto es válido para soluciones que contengan una sola sal, así la concentración diluida se aproxima a la actividad; cuando las soluciones contienen más de un tipo de catión o anión, especialmente iones heterovalentes, se hace necesario recalcular los datos en términos de actividades (Khasawneh, 1971; Cruz, 1984), ya que se acepta en la actualidad que hay

una estrecha relación entre el crecimiento de las plantas y la actividad iónica de los elementos en la solución del suelo (Cruz, 1984). La actividad de un ión está relacionada con el potencial electro-químico de acuerdo a la ecuación:

$$\mu = \mu^{\circ} + RT \ln a + ZF\Psi$$

Donde R es la constante universal de los gases, T la temperatura absoluta, a la actividad de la sustancia,  $\Psi$  representa el potencial eléctrico, Z es la valencia de los iones y F la constante de Faraday (Cruz, 1984).

#### **Los Potenciales Catiónicos de Schofield Como Indice Para Evaluar la Disponibilidad de Elementos en el Suelo**

La descripción de los fenómenos de intercambio catiónico desarrollada por muchos científicos, está basado en el uso de las leyes de Donnan para membranas semipermeables (Cepeda, 1988), y con las cuales se establece que en el estado de equilibrio, las proporciones de las concentraciones de dos iones diferentes en la solución interna (fase adsorbida), son iguales a las proporciones de las concentraciones de esos iones en la solución externa (fase disuelta), por ejemplo (Barber, 1984; Cruz, 1984):

$$[(K)/(Ca)^{1/2}]_i = [(K)/(Ca)^{1/2}]_e;$$

si en la fórmula anterior se transforman las concentraciones a actividades y se usa p como el logaritmo con signo negativo de la actividad iónica, se

convierte la relación de los iones en solución externa en el parámetro denominado potencial potasio-cálcico ( $pK - 0.5pCa$ ), y fue así como Schofield desarrolló una serie de conceptos para describir los procesos de intercambio catiónico, entre ellos los potenciales que llevan su nombre y que describen adecuadamente Fassbender (1975), Cepeda (1988) y Cruz (1984), y en forma similar se pueden derivar otros potenciales catiónicos:

$pH - 0.5 pCa$	Potencial hidrogeno-cálcico
$pH - 0.33 pAl$	Potencial hidrogeno-alumínico
$pK - 0.5 pCa$	Potencial potasio-cálcico
$pK - 0.5 pMg$	Potencial potasio-magnésico
$pK - 0.5 p(Ca+Mg)$	Potencial potasio-calcico-magnésico

Como se puede observar, para la obtención de estos potenciales se hace necesario calcular el valor de la actividad iónica, la cual según Barber (1984) y Bohn et al. (1979) es la concentración efectiva de los iones en solución y se define matemáticamente como:

$$a_i = \gamma_i \times c_i$$

Donde  $C_i$  es la concentración del ión en la solución medida analíticamente y  $\gamma_i$  su coeficiente de actividad; El coeficiente de actividad de un soluto ideal es igual a la unidad y las desviaciones con respecto a ese valor, indican el grado de desviación de su comportamiento ideal (Bohn et

al., 1979), sin embargo, solo en las soluciones infinitamente diluídas donde  $\alpha_i = c_i$  el coeficiente de actividad es igual a uno (Lindsay, 1979; Barber, 1984; Cepeda, 1988).

Generalmente cuando otros iones o sitios de intercambio negativos están presentes, su interacción provoca que la actividad sea menor que la concentración (Barber, 1984) y así, al incrementarse la fuerza iónica, los iones de carga opuesta interactúan de tal manera que su concentración efectiva o actividad disminuye (Lindsay, 1979; Cepeda, 1988).

Bohn et al. (1979), afirman que la interacción entre iones se incrementa con su concentración y con el cuadrado de la carga iónica, el parámetro que abarca los efectos de la concentración y de la carga eléctrica es la fuerza iónica (I) de la solución:

$$I = 0.5 \sum C_i Z_i^2$$

Donde  $Z_i$  es la valencia del ión y  $C_i$  la concentración molar del mismo. La fuerza iónica estima la concentración efectiva, pero tomando en cuenta el pronunciado efecto de la carga del ión sobre las propiedades de las soluciones. Una solución tiene solo una carga iónica, pero cada uno de sus iones constituyentes puede tener un coeficiente de actividad diferente. Para Barber (1984), la fuerza iónica es una medida de la intensidad de los campos eléctricos en una solución.

En 1924 Debye y Hückel propusieron una ecuación para evaluar el efecto de la carga y la concentración sobre el coeficiente de actividad de un ión individual y asumieron que los iones se comportan como puntos de carga que interactúan solo electrostáticamente (Bohn et al., 1979), en un medio continuo y con una constante dieléctrica igual a la del solvente (Lindsay, 1979). La ecuación resultante para calcular el coeficiente de actividad de un ión simple en una solución acuosa es (Bohn et al., 1979; Lindsay, 1979; Cepeda, 1988):

$$\log \gamma_i = -AZ_i^2\sqrt{I}$$

Donde  $A = 0.509$  para agua a  $25\text{ }^\circ\text{C}$ . Esta ecuación predice el coeficiente de actividad solamente en soluciones diluidas. Bohn et al. (1979) establecen que a concentraciones mayores de  $0.01\text{ M}$  esta ecuación ya no es confiable; mientras que Lindsay (1979) reporta que al comparar los coeficientes de actividad calculados con esta ecuación con aquellos medidos experimentalmente, los valores fueron muy similares cuando la fuerza iónica fue de aproximadamente  $0.001\text{ M}$ , a mayores concentraciones, los coeficientes de actividad calculados fueron generalmente más pequeños que los obtenidos experimentalmente.

Una ecuación más precisa que puede ser utilizada para cálculos con iones altamente hidratados es la siguiente (Bohn

et al., 1979; Lindsay, 1979; Cruz, 1984; Barber, 1984 ; Cepeda, 1988):

$$\log \gamma_i = \frac{-AZ_i^2\sqrt{I}}{1+Bd_i\sqrt{I}}$$

Donde  $B = 0.328 \times 10^8$  y  $d_i$  es el diámetro efectivo del ión hidratado. Bohn et al. (1979) indican que esta ecuación es útil para fuerzas iónicas de aproximadamente 0.1 M, en tanto que Lindsay (1979) afirma que podría utilizarse perfectamente en soluciones con una fuerza iónica de 0.2 M. A mayores concentraciones las interacciones iónicas son difíciles de predecir y muchos coeficientes de actividad llegan a ser mayores que la unidad debido a la repulsión de los iones. Al respecto, Cepeda (1988) opina que el rango de aplicación de estas ecuaciones es suficientemente amplio para cubrir la mayoría de las concentraciones que se encuentran en la solución del suelo y en aguas dulces.

## El Nitrógeno y el Crecimiento y Productividad del Manzano

De los elementos esenciales, el nitrógeno es el nutrimento más importante para mantener un adecuado nivel de crecimiento y producción en árboles de manzano. La mayoría de investigaciones sobre la aplicación de este elemento, se refieren a la fertilización en huertos de baja densidad de plantación con variedades establecidas sobre portainjertos francos y con sistema de cobertura de pasto, sin embargo, los estudios recientes están enfocados hacia la obtención de información sobre el uso de nitrógeno en huertos con alta densidad de plantación y con portainjertos clonales (Miller y Glenn, 1985).

El efecto del nitrógeno sobre el crecimiento vegetativo, floración, amarre de frutos, rendimiento, maduración y fisiología de postcosecha han sido extensamente documentados para los principales cultivos hortícolas (Titus y Kang, 1982).

El nitrógeno es importante para una satisfactoria iniciación y desarrollo de yemas florales y ha mostrado tener un importante efecto sobre la calidad y el amarre de flores, se sabe que incrementa la tasa de crecimiento del tubo polínico y alarga la vida de los estilos en las partes femeninas de las flores. Cuando el nivel de reservas de N en el árbol en otoño y primavera es bajo, esto puede resultar en

un pobre amarre, especialmente si ocurren otros factores adversos como bajas temperaturas o inadecuada coincidencia en floración con las variedades polinizadoras (MAFF, 1972).

En árboles de manzano, la formación de flores es grandemente afectada por la época y la forma de aplicación más que por la cantidad de nitrógeno suministrada. Williams (1965) estima que la aplicación de este elemento al final de la etapa de crecimiento vegetativo, es la mejor época de fertilización si se desea promover una mayor diferenciación floral; Marschner (1986) por su parte, cita que la aplicación de urea foliar durante el período de diferenciación de yemas florales, resulta en un marcado incremento en el número de flores producidas en el año siguiente, e indica que el N-amoniaco es mucho más efectivo en la inducción floral que el N-nítrico.

El efecto de ambas fuentes nitrogenadas sobre el crecimiento y diferenciación floral no ha arrojado resultados concluyentes; Titus y Kang (1982) citan que los árboles de manzano inician más flores en el primer año de crecimiento si se exponen brevemente a iones  $\text{NH}_4^+$  que si crecen en N-nítrico continuamente, al respecto se sugiere que el amonio puede inhibir la síntesis de una proteína específica transportadora de  $\text{NO}_3^-$  (Jackson et al., 1973) y/o la inducción de nitrato reductasa (Klepper y Hageman, 1969; Shear, 1980).

El nitrógeno comúnmente es aplicado en grandes cantidades cuando se desea estimular el crecimiento de los árboles jóvenes, estas dosis pueden continuarse después que se ha iniciado la producción ya que los niveles altos de N también incrementan el rendimiento de fruto (Bramlage et al., 1980), por esta razón y por la importancia económica de entrar tempranamente en producción, se ha justificado la aplicación de sobre-dosis de nitrógeno, sin embargo una vez iniciada la producción y que la fertilización se reduce, niveles excesivamente altos pueden persistir como nitrógeno almacenado en el suelo, el pasto y en el árbol mismo (Boynton y Oberly, 1966). Dichos excesos de N generalmente reducen la calidad de la fruta, ya que producen frutos más largos y propensos a caer prematuramente (Bramlage et al., 1980), más verdes a la cosecha (Williams y Billingsley, 1974; Bramlage et al., 1980; Johnson y Johnson, 1980; Link, 1980) o más suaves (Mason, 1969; Bramlage et al., 1980), además de presentarse problemas de almacenamiento como la mancha amarga (Link, 1980) y escaldaduras (Bramlage et al., 1980). Con respecto a los últimos dos problemas, se considera que tanto la forma como la cantidad total de nitrógeno aplicado puede influir sobre los mismos y se reconoce actualmente que muchos desórdenes fisiológicos que ocurren después de la cosecha pueden ser, al menos en parte, una manifestación de la deficiencia de calcio en el fruto inducida por excesos de nitrógeno.

Por este motivo la interacción y los efectos diferenciales de la fuente de nitrógeno sobre la nutrición del manzano, particularmente sobre la nutrición con calcio han sido ampliamente estudiadas; Korcak (1980) cita que al comparar el efecto del  $\text{NO}_3^-$  y del  $\text{NH}_4^+$  se encontró que el N-nítrico incrementó el crecimiento vegetativo, la absorción de calcio y disminuyó la incidencia de mancha amarga en comparación con el amonio, resultados similares reportan Terblanche et al. (1980); Al respecto Faust (1980) reporta información en el sentido de que una vez que el nitrato es asimilado por las células radicales se generan iones hidroxilo, el exceso de estos  $\text{OH}^-$  puede ser neutralizado por una reacción de carboxilación la cual produce oxalato que a su vez requiere calcio para su neutralización, lo cual no sucede cuando el nitrógeno es suministrado en forma amoniacal ya que se forma muy poco o nada de oxalato y entonces los árboles requerirán niveles más bajos de calcio.

Aún cuando se sabe que las raíces de manzano además de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  son capaces de absorber compuestos orgánicos como urea, glutamato y aspartato, la presencia de  $\text{NH}_4^+$  puede reducir la absorción de  $\text{NO}_3^-$  si ambos iones están presentes (Marschner, 1986); sin embargo, bajo la mayoría de las condiciones de campo favorables para el crecimiento de los árboles, los procesos de nitrificación son tan rápidos que son muy difíciles las comparaciones entre estos iones.

En relación a la cantidad aplicada, Link (1980) indica que las dosis altas de nitrógeno incrementan significativamente la incidencia de mancha amarga, sin embargo, aún cuando la incidencia de este desorden fisiológico está correlacionado negativamente con la concentración de calcio, la aplicación de nitrógeno no mostró influencia alguna sobre el contenido de calcio en las tres variedades evaluadas, si bien, el incremento en la dosis de nitrógeno aumentó el tamaño del fruto en uno de los cultivares, no mostró el mismo efecto sobre Cox's Orange Pippin y Golden Delicious. Terblanche et al. (1980), sugieren que la fertilización nitrogenada tiene un efecto indirecto sobre la incidencia de mancha amarga, ya que incrementa la relación hoja/fruto al producir un mayor crecimiento vegetativo el cual compite con el fruto por el suministro de calcio, mientras que Lorenzana (1980) opina que un alto contenido de nitrógeno foliar es condición necesaria pero no suficiente para la aparición de la mancha amarga en frutos de manzano.

La mayoría de las investigaciones sobre el efecto del nitrógeno en la calidad del fruto y la fisiología de postcosecha, hablan de la importancia de producir y mantener una buena calidad de frutos durante el almacenamiento, ya que de esta práctica se derivan beneficios adicionales para los productores al permitirles salir al mercado en la época en que la relación oferta/demanda se encuentre en el nivel más

conveniente. Al respecto, la literatura indica que las mermas en calidad generalmente están relacionadas con aplicaciones excesivas de nitrógeno más que con deficiencias de este elemento, por este motivo, la fertilización nitrogenada deberá tener como objetivo suministrar la cantidad suficiente para mantener un buen tamaño de hojas, buen tamaño de frutos y un crecimiento de brotes satisfactorio (MAFF, 1972).

Para determinar experimentalmente las necesidades de nitrógeno, Titus y Kang (1982) recomiendan tomar en cuenta la edad, el tamaño, y las reservas de este elemento dentro del árbol, ya que estas variables pueden dificultar la interpretación de los resultados experimentales, debido a que la cantidad absorbida por el árbol puede ser pequeña en relación a la cantidad total de nitrógeno que ya se encuentra dentro del árbol; los mismos autores citan que dicho nitrógeno almacenado en forma orgánica, forma parte de ese sistema único que poseen los frutales caducifolios para conservar el nitrógeno que de otra manera podría perderse en la etapa de abscisión de las hojas, lo cual involucra la movilización otoñal del nitrógeno foliar hacia los tejidos leñosos donde estará disponible para el crecimiento en la estación siguiente, esto gana importancia si se considera el hecho de que el rompimiento de yemas en la primavera tiene lugar cuando las condiciones para la absorción radical no son óptimas, y se ha demostrado una correlación positiva entre el

nivel de nitrógeno almacenado y la extensión de los nuevos brotes en el ciclo siguiente.

El proceso de almacenamiento comienza desde el arranque de la senescencia o probablemente al tiempo en que cesa el crecimiento activo de los brotes, se ha reportado que el mayor abatimiento del contenido de N foliar comienza tres a cuatro semanas antes de la abscisión, lo cual ha establecido la base para las aplicaciones foliares de urea, sin embargo dicho período puede variar en función de la disponibilidad de nutrimentos, nivel de producción y condiciones climáticas, particularmente la temperatura (Titus y Kang, 1982).

Si bien se pueden esperar respuestas positivas en crecimiento y producción con la aplicación de nitrógeno (Batjer, 1963; Benson et al., 1957), tales respuestas deberán esperarse cuando la concentración foliar de nitrógeno sea un factor limitante, la competencia con cultivos de cobertura sea grande, o el nivel de humedad sea inadecuado (Goode et al., 1978), donde los árboles sean excesivamente vigorosos y afecten la producción, las aplicaciones de nitrógeno podrían ser reducidas o quizá suspendidas temporalmente (MAFF, 1972).

## El Fósforo en la Producción y Crecimiento del Manzano

La cantidad de fósforo presente en la solución del suelo es muy baja comparada con el fosfato adsorbido, este último excede al fosfato en solución por un factor de  $10^2$  a  $10^3$  (Mengel y Kirkby, 1982); asimismo la concentración de este elemento es menor que la reportada para nitrógeno, potasio, calcio y magnesio (Barber, 1984).

Mengel y Kirkby (1982) indican que una concentración de  $10^{-4}$  M es considerada alta mientras que una de  $10^{-6}$  M se cataloga como muy baja; sin embargo la concentración óptima de fosfato en solución difiere entre especies, sistemas de cultivo, y condiciones edáficas en particular. Los mismos autores añaden que el fosfato en solución y la capacidad de P-amortiguamiento del suelo, son las variables más importantes que controlan el suministro de fosfato a las raíces; estos investigadores consideran que la concentración óptima de fósforo en la solución puede ser baja si la capacidad de reemplazo es alta y viceversa, y añaden que los suelos que son propensos a una fuerte fijación, frecuentemente requieren de aplicaciones extremadamente altas de este elemento a fin de reducir los efectos de dicha fijación.

De los nutrimentos mayores el fósforo es el más inmóvil en el suelo; Black (1969) indica que la transferencia

de este elemento desde la fase sólida hacia las raíces puede ocurrir mediante tres procesos de transporte; el flujo de masa, la difusión, y la dispersión hidrodinámica. Al respecto se ha reunido evidencia para estimar la importancia relativa de dichos mecanismos físicos en el transporte de fósforo, y se ha "concluido" que el flujo de masa no es un mecanismo de transporte significativo para el movimiento de este ión, y como no se dispone de una adecuada concepción de la importancia de la dispersión hidrodinámica, la mayor atención se le ha dado al proceso de difusión, el cual tiene lugar en respuesta al gradiente de concentración que se establece cuando el fosfato es removido de la solución del suelo adyacente a las raíces. Al respecto Barber (1984) añade que el coeficiente de difusión del fósforo ( $D_e$ ) se encuentra usualmente en un rango de  $1 \times 10^{-8}$  a  $1 \times 10^{-10}$   $\text{cm}^2/\text{s}$ ; y en relación a los parámetros de flujo, el mismo autor indica que en un estudio con muchos cultivos se encontró que el valor de  $K_m$  fue de 2-3  $\mu\text{mol}/\text{l}$ , el de  $C_{\text{min}}$  menor de 0.2  $\mu\text{mol}/\text{l}$ , e  $I_{\text{max}}$  presentó una amplia variación.

Al combinar la teoría con las observaciones experimentales, se observa que al parecer el nivel de absorción de fósforo está limitado por su tasa de difusión hacia las raíces, su concentración en la superficie de éstas, y por la tasa de liberación en el interior de las raíces, un incremento en cualquiera de esos factores aumentará su absorción. Se considera que los factores ambientales y de

suelo que modifican la absorción de fósforo, presuntamente actúan a través de su influencia sobre una o varias de estas características, sin embargo la mayor atención ha sido enfocada al efecto de la temperatura, pH, contenido de humedad, fósforo orgánico y micorrizas (Black, 1969). Las deficiencias de fósforo que se presentan en suelos alcalinos, son causadas principalmente por los bajos niveles de P total y los bajos niveles de humedad en el suelo, esto es, cuando la movilidad del fosfato es limitada y el crecimiento radical restringido (Marschner, 1986); al respecto Black (1969) coincide en señalar que generalmente las deficiencias de este elemento son más pronunciadas bajo condiciones de sequía que de humedad, la explicación teórica de este fenómeno desarrollada por Olsen et al. (1961), indica que la tasa de transporte de fósforo por difusión se incrementa con el contenido de humedad del suelo presuntamente por tres razones principales:

1. La proporción del volumen de suelo capaz de transportar fósforo se incrementa.
2. La distancia de difusión desde la fuente en el suelo hasta la raíz disminuye, debido a un decremento en la tortuosidad.
3. La concentración de fósforo en solución no es muy afectada por el contenido de humedad del suelo; una consecuencia importante de esto es que la cantidad total en solución se incrementa al aumentar el contenido de agua en el suelo.

Las dos primeras razones se aplican para todos los iones pero no la tercera, esto resulta en algunas diferencias en el efecto del contenido de humedad sobre la disponibilidad de los distintos nutrimentos ya que mientras la concentración de  $H_2PO_4$  en solución se mantiene aproximadamente constante cuando el nivel de humedad aumenta, la concentración de  $NO_3^-$  disminuye proporcionalmente (Black, 1969).

Las raíces son capaces de absorber fósforo de soluciones de muy bajo contenido de este elemento (Loneragan y Asher, 1967) y en contra de un gradiente de concentración muy alto, ya que se estima que las células radicales contienen de 100 a 1000 veces mayor cantidad que la solución del suelo, lo cual muestra que su absorción es activa (Mengel y Kirkby, 1982); al respecto Habib (1983) encontró evidencia de que la absorción de fósforo por el manzano fue severamente restringida bajo condiciones de saturación y con altos valores de densidad aparente, lo cual limitó el suministro de oxígeno a las raíces.

Una vez absorbido, el fósforo puede ser translocado en dirección acro y basipétala (Mengel y Kirkby, 1982) hacia todos los puntos de intenso metabolismo de la planta (Black, 1969). Este elemento se presenta en la planta en forma de ortofosfato y en menor cantidad como pirofosfato, sus formas orgánicas son compuestos en los cuales el ortofosfato es esterificado con grupos hidroxilo de azúcares y alcoholes o

fijado por una ligadura de pirofosfato de otro grupo fosfato; el fósforo también es ligado a compuestos lipofílicos, particularmente a derivados del fosfatidil (fosfolípidos), sin embargo el compuesto más importante en el cual los grupos fosfato están enlazados por ligaduras de pirofosfato, es la adenosina trifosfato (ATP), otros compuestos análogos son la uridina trifosfato (UTP), citidina trifosfato (CTP), y guanosina trifosfato (GTP); UTP es requerida para la síntesis de sucrosa y callosa, CTP para la síntesis de fosfolípidos y GTP para la formación de celulosa, todos estos trifosfatos están involucrados en la síntesis de RNA y DNA. Otro compuesto orgánico de fósforo es la fitina, la cual se presenta principalmente en las semillas y es sintetizada durante su formación, lo cual da lugar a un incremento en el transporte de fosfato hacia éstas inmediatamente después de la polinización (Mengel y Kirkby, 1982).

La transferencia de energía fuera del cloroplasto requiere de fósforo inorgánico, y debido a esto, un efecto primario del fosfato sobre el crecimiento autotrófico es entonces el suministro de energía química producida en el cloroplasto, como numerosos procesos metabólicos dependen directa o indirectamente de este suministro de energía, una nutrición fosfatada inadecuada puede afectar varios procesos incluyendo la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos; debido a estas funciones del fósforo en el crecimiento y metabolismo vegetal, Marschner (1986) cita que su deficiencia

conduce a una reducción general de la mayoría de los procesos metabólicos, incluyendo la división y expansión celular, respiración y fotosíntesis; la función reguladora del fósforo en la fotosíntesis y el metabolismo de los carbohidratos en las hojas, puede considerarse uno de los mayores factores que limitan el crecimiento particularmente durante la etapa reproductiva, ya que el nivel de fosfato suministrado durante este período regula la proporción almidón/sucrosa en las hojas y la partición de fotosintatos entre éstas (fuente) y los órganos reproductivos (Mengel y Kirkby, 1982). Lebedev (1983) evaluó la respuesta del manzano a bajos niveles de fósforo, y encontró que esta condición disminuyó la efectividad en la producción de biomasa, la fotosíntesis, y la productividad de los árboles.

Marschner (1986) cita que las plantas deficientes presentan un color verde más oscuro que las plantas normales debido a la formación de antocianinas, se observa además que la expansión celular y foliar se retrasa más que la formación de clorofila, y por lo tanto el contenido de ésta por unidad de área foliar es más grande pero la eficiencia fotosintética es mucho menor.

Se han reportado muy pocos desórdenes nutricionales por deficiencia de fósforo en árboles frutales, vid y ornamentales, y existe además poca evidencia acerca de la respuesta a las aplicaciones de este elemento (Black, 1969).

Lilleland et al. (1942) evaluaron su respuesta en diversos cultivos anuales y la compararon con la obtenida en árboles frutales; ellos encontraron que solo los cultivos anuales respondieron a la fertilización, y señalaron que la ausencia de respuesta en frutales puede deberse a que tienen menores necesidades que los cultivos anuales y a que pueden extraer grandes cantidades debido a su crecimiento perenne y mayor duración de su actividad radical. Sin embargo Black (1969) añade que el fósforo foliar puede ser incrementado apreciablemente en especies que no responden a la fertilización y asume que en estos casos, el fósforo preferencialmente promueve el crecimiento de raíces y el desarrollo de estructuras reproductivas.

En frutales, la deficiencia de fósforo resulta en una reducción del crecimiento de brotes y frecuentemente el desarrollo y rompimiento de yemas no es satisfactorio; también el amarre y posterior desarrollo de frutos y semillas es restringido y entonces bajo esta condición de deficiencia, no solo se obtienen bajos rendimientos sino también una pobre calidad de frutos (Black, 1969; Marschner, 1986); sin embargo, el fósforo tiene poco efecto sobre la calidad del fruto durante el almacenamiento (Kushnirenko y Blashkina, 1983). Las hojas deficientes a menudo están teñidas de color parduzco y caen prematuramente, la concentración de fósforo en la materia seca de estas hojas es de 0.1 por ciento o menor, mientras que las semillas contienen de 0.4 a 0.5 por

ciento, esto muestra que durante el período de formación de éstas, una considerable cantidad de fosfato es translocada desde las hojas y tallos hacia las semillas o granos; cabe aclarar que a niveles altos de este elemento, Loneragan y Asher (1967) encontraron que el crecimiento se redujo en algunas especies, tal efecto puede atribuirse a que el fósforo retarda la absorción y translocación de nutrimentos como el fierro, cobre y zinc.

En árboles de manzano, el número de flores por árbol está correlacionado casi linealmente con el contenido foliar de fósforo; la correlación positiva entre el número de flores y el nivel de citoquininas en tomate por un lado, y entre el suministro de fósforo y el nivel de citoquininas por otro, proporciona fuerte evidencia que las citoquininas contribuyen a favorecer el efecto de este elemento sobre la formación de flores, por este motivo, cualquier interpretación del efecto del suministro de fósforo sobre el crecimiento y desarrollo vegetal, debe tomar en consideración el efecto de este elemento sobre el balance de fitohormonas, esto es particularmente cierto en la relación entre la deficiencia de fósforo y el decremento en el número de flores y en el retraso de la iniciación floral (Marschner, 1986).

En relación al efecto del fósforo sobre los índices de crecimiento y productividad del manzano, Williams y Thompson (1979) reportaron que los árboles fertilizados con

este elemento fueron más altos y con mayor área transversal del tronco, lo cual se reflejó en los ciclos siguientes a la plantación en un incremento considerable en el número de racimos florales, además se influyó claramente en la primera fructificación cuando el fertilizante se colocó en el hoyo de plantación al momento del transplante.

Por su parte, Raese (1986) encontró una marcada respuesta a dosis altas de fosfato monoamónico (5.4 kg/árbol); los árboles tratados mostraron un incremento en el crecimiento de brotes, tamaño de la hoja, desarrollo de yemas, tamaño de fruto, y un incremento en la concentración de nitrógeno y fósforo lo cual mejoró el comportamiento del árbol que fue definitivo en el vigor y producción de los dos años siguientes. Todas las dosis de fertilizante mejoraron la extensión de los brotes, y en muchos casos, las dosis altas promovieron un crecimiento mayor que el obtenido en los árboles tratados únicamente con fertilizante nitrogenado. En 1985, el mismo autor reportó que el fósforo puede ser útil para corregir el vigor pobre del manzano bajo suelos deficientes en este elemento:

## Diagnóstico Nutricional

La determinación de las necesidades de nutrimentos, es un problema antiguo en el manejo de los huertos y puede ser llevada a cabo con el uso de uno o más de los métodos de diagnóstico disponibles (Kenworthy, 1973).

Algunas técnicas para la evaluación del estado nutricional son (Smith, 1986): Experiencias de técnicos y productores, la sintomatología visual, el análisis de suelos, los experimentos de campo e invernadero, el análisis foliar, y análisis bioquímicos y fisiológicos.

González (1989) cita que en frutales existen otras opciones para este propósito, como el análisis de frutos (para Calcio y Boro) y de raíces, análisis de la savia del xilema, y de estructuras reproductivas.

Han sido enumeradas varias ventajas para los diferentes métodos de diagnóstico, y se cita que el mejor es aquél que recomienda fertilización solo cuando es probable una respuesta económica directa. Sin embargo, parece ser que el análisis foliar es el mejor método para la identificación de las necesidades de fertilización en los frutales (Kenworthy, 1973).

El análisis vegetal en sentido estricto, es la determinación de la concentración o fracción extractable de un elemento en una muestra de una parte específica de la planta, a un cierto estado de desarrollo morfológico del cultivo (Munson y Nelson, 1973; Nuñez, 1987). Para otros autores, el análisis vegetal en términos simples, es un estudio de la relación entre el contenido de nutrimentos en la planta y su crecimiento (Ulrich y Hills, 1973) o rendimiento (Smith, 1986).

Un concepto básico es que la concentración de un nutrimento dentro de la planta en cualquier momento, es un valor integrador de todos los factores que tienen influencia sobre la concentración nutrimental al momento del muestreo (Ulrich y Hills, 1973).

Los resultados del análisis foliar tienen muchas aplicaciones, sin embargo la relación entre la concentración nutrimental y el rendimiento, forma la base de la mayoría de los esquemas para el uso del análisis foliar en la evaluación del estado nutrimental de las plantas (Smith, 1986).

Para que el análisis foliar pueda ser un método de diagnóstico efectivo, se requiere que el siguiente proceso sea establecido (Kenworthy, 1973):

1. Un método de muestreo estandarizado que pueda ser seguido por los fruticultores.
2. Valores de referencia que permitan el diagnóstico para una muestra en particular.
3. Métodos analíticos de rutina para la determinación de todos los elementos esenciales y algunos no esenciales.
4. Interpretación insesgada de los resultados analíticos.
5. El desarrollo de recomendaciones para corregir las deficiencias o excesos de nutrimentos.
6. Una forma de reportar los resultados y recomendaciones que pueda ser comprendida por el productor.

Existen varios enfoques para interpretar los resultados del análisis foliar, para lo cual se han establecido valores estandar mediante modelos matemáticos o por examinación cualitativa de las respuestas a los fertilizantes. Así se mencionan enfoques como valores o rangos críticos e intervalos de suficiencia, el enfoque de las líneas fronteras, el método factorial de Prevot, los índices de balance de Kenworthy, y el DRIS o sistema integrado de diagnóstico y recomendación (Nuñez, 1987).

El método tradicional para establecer valores de referencia para el diagnóstico de nutrimentos es el valor

crítico, el cual ha sido definido como la concentración de un nutrimento en una parte específica de la planta, en un estado específico de crecimiento en el cual ocurre una reducción del 10 por ciento del rendimiento máximo; como la concentración asociada con el punto de quebradura de una curva de respuesta de un nutrimento, o como la concentración en el punto medio de la zona transicional entre niveles de deficiencia y suficiencia (Ulrich y Hills, 1973; Medina, 1987). Bates (1971) basado en criterios económicos, define el nivel crítico como aquella concentración a la cual las aplicaciones de fertilizantes no representan ganancias.

Medina (1987) y Nuñez (1987), citan que el enfoque de rangos críticos tiene las siguientes desventajas:

1. No toma en cuenta la interacción de nutrimentos.
2. Los valores críticos son para una época de muestreo determinada, donde la concentración de los nutrimentos presente poca variación.
3. El valor crítico no considera el balance nutrimental en la planta, lo cual puede ser más importante que la concentración misma del nutrimento.
4. El valor crítico se obtiene mediante una curva de respuesta, y existen evidencias de que es inútil describir la respuesta en rendimiento a un factor del crecimiento, por medio de una sola ecuación válida para todas las demás condiciones del cultivo.

Otros autores opinan que más que un valor crítico debe ser un rango óptimo o intervalo de suficiencia, el cual se define como el rango de concentración nutrimental en un determinado estado de crecimiento, arriba del cual se espera que el cultivo sea ampliamente abastecido y abajo del mismo el cultivo sufra deficiencias. Estos valores deben ser establecidos en varios estados de crecimiento durante la estación, ya que los cambios rápidos de concentración de nutrimentos indican que esto es muy importante para una adecuada interpretación (Dow y Roberts, 1982; Medina, 1987).

Los intervalos de suficiencia presentan las mismas desventajas que el valor crítico, por lo tanto, es posible que las concentraciones de nutrimentos caigan dentro de este intervalo y la planta presente un desbalance nutrimental y entonces responda a mejores prácticas de fertilización (Medina, 1987; Nuñez, 1987).

Para el cultivo del manzano, se han reportado valores de referencia para determinar los intervalos de suficiencia y rangos críticos (Simons, 1960; Bould, 1970; Young, 1980; Robinson, 1986; Vang-Petersen y Nikolajsen, 1986), los cuales se presentan en el cuadro 2.1.

El DRIS por su parte, tiene la ventaja de que minimiza el efecto de la edad del tejido en la interpretación del análisis foliar, y por lo tanto la época de muestreo no

Cuadro 2.1 . Criterios para la interpretación del contenido foliar de nutrimentos en manzano.

	Concentración Nutricional					Referencia
	CNR					
	Deficiente	Marginal	Adecuado	Alto	Tóxico	
N*	1.7-2.0	2.0-2.4	2.4-2.8	>3.0		Bould (1970)
	<1.6	1.6-1.9	2.0-2.4 2.45 2.0-2.5	2.5-3.0	>3.0	Robinson (1986) Simons (1960) Vang-Petersen y Nikolajsen (1986) Young (1980)
P	.07-0.1	0.1-.15	0.2-.25	> .3		Bould (1970)
	<.10	0.1-.14	.15-.20 0.17 .18-.28	.21-.30	>.30	Robinson (1986) Simons (1960) Vang-Petersen y Nikolajsen (1986) Young (1980)
K	0.4-0.7	0.8-1.2	1.3-1.6	>2.0		Bould (1970)
	<0.8	0.8-1.1	1.2-1.5 1.75 1.3-1.8	1.6-3.0	>3.0	Robinson (1986) Simons (1960) Vang-Petersen y Nikolajsen (1986) Young (1980)
Ca	0.5-.75	0.8-1.0	1.0-1.6	>2.0		Bould (1970)
	<.70	0.7-1.0	1.1-2.0 1.5	2.1-2.5	>2.5	Robinson (1986) Simons (1960) Young (1980)
Mg	.06-.15	.15-.20	.25-.30	>0.3		Bould (1970)
	.15	.15-.20	.21-.25 .22	.26-.45	>.45	Robinson (1986) Simons (1960) Young (1980)
Cu **	1-3	3-5	5-10	>20		Bould (1970)
	<4	4-6	6-20 13	21-100		Robinson (1986) Simons (1960) Young (1980)
Zn	1-5	5-15	15-25	>30		Bould (1970)
	<10	10-20 15-20	20-50	>50		Robinson (1986) Young (1980)
Mn	5-20	20-25	30-100	>200		Bould (1970)
	<20	20-50	50-100 54	100-200	>200	Robinson (1986) Simons (1960) Young (1980)
Fe	<60	60-99 100			>500	Robinson (1986) Young (1980)
	5-15	15-20	25-30	>40		Bould (1970)
B	<15	15-20	21-40 30	40-200		Robinson (1985) Simons (1960) Young (1980)
		20-25				

\* por ciento; \*\* partes por millón

es tan crítica como en otros métodos de diagnóstico (Sumner, 1977a; Sumner, 1981; Sumner et al., 1983; Walworth y Sumner, 1987). Otras ventajas de este enfoque, es que el diagnóstico no es afectado por la posición del tejido muestreado (Sumner, 1977a; Nuñez, 1987; Medina, 1987) ni por la variedad (Sumner, 1977a; Sumner, 1985), además el DRIS detecta deficiencias provocadas por la interacción o exceso de otros nutrimentos (Beverly et al., 1984).

El DRIS al igual que otros enfoques de diagnóstico, utiliza valores de referencia, para lo cual se requiere de un muestreo que permita obtener la información básica para establecer un banco de datos del cual las normas sean generadas. Este banco estará conformado por observaciones tomadas en forma aleatoria en lotes donde se desarrolle el cultivo bajo diversas condiciones ambientales, los lotes pueden ser tanto campos comerciales como experimentales (Nuñez, 1987). El procedimiento para la obtención de las normas e índices DRIS lo describen ampliamente Sumner (1977a, 1977b, 1981 y 1985), Jones y Bowen (1981), Elwali y Gascho (1984), Walworth et al. (1986), Walworth y Sumner (1987), Medina (1987) y Nuñez (1987).

Se han generado normas DRIS para cultivos como trigo (Sumner, 1977b), soya (Sumner, 1977a), papa (Meldal-Johnsen y Sumner, 1980), Maíz (Elwali et al., 1985), naranjo (Beverly et al., 1984), caña de azúcar (Elwali y Gascho, 1984),

durazno (Chan et al., 1985), cerezo dulce (Davee et al., 1986), alfalfa (Walworth et al., 1986), aguacate (Nuñez, 1987) y nogal (Medina, 1987) entre otros, además, el uso del DRIS ha resultado en una interpretación más exacta del estado nutrimental de varios cultivos en comparación con otros enfoques de diagnóstico (Sumner, 1979; Jones y Bowen, 1981; Escano et al., 1981; Elwali y Gascho, 1984).

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **Características Generales del Area de Estudio**

La etapa experimental se llevó a cabo desde febrero de 1986 (información de González, 1989) a octubre de 1988 en la localidad de Los Lirios, municipio de Arteaga, Coahuila, en la propiedad del Sr. Francisco De la Peña Dávila. El lugar se sitúa a 25° 23' 23" de latitud norte y 100° 35' 38" de longitud oeste a una altura de 2350 msnm. El clima predominante en la región según la clasificación de Köppen modificada por García y reportada por CETENAL (1977a) es: Cx b(e)g, el cual es un subgrupo de climas templados, con temperatura media anual entre 12 y 18 °C, y la temperatura del mes más frío entre -3 y 18 °C. El suelo donde se encuentra plantado el huerto de acuerdo al sistema FAO modificado por CETENAL (1977b), corresponde a un suelo Feozem calcárico de textura fina.

#### **Antecedentes del Lote Experimental**

El huerto fue establecido en el año de 1972, la producción ha sido muy baja debido principalmente a causas

climáticas como falta de horas frío, heladas tardías, granizo, etc. El manejo del huerto consiste generalmente en labores de rastreo y deshierbes manuales, se aplica citrolina y dinitro como compensador de horas frío. En 1986 se estableció un sistema de riego por goteo, con tres goteros rex-netafim 164 de cuatro litros por hora por árbol. El sistema de poda es lider central y los pesticidas más utilizados son productos fungicidas para el control de roña y cenicilla. No se cuenta en el huerto con mallas antigranizo ni con sistema de control de heladas.

### **Material Vegetal Empleado**

Se utilizó la variedad Golden Delicious sobre patrón MM111, el cual es un portainjerto vigoroso, resistente a la sequía y al pulgón lanígero. La plantación se encuentra establecida a una distancia de cuatro metros entre árboles y cinco entre hileras, es decir, 500 árboles por ha. La edad de los árboles para 1988 fue de 16 años.

### **Diseño de Tratamientos**

Los tratamientos evaluados fueron los resultantes de una matriz Plan Puebla I, donde los factores y niveles en estudio fueron los siguientes:

Nitrógeno	200	400	600	800	g/árbol
Fósforo	80	160	240	320	g/árbol
Acolchado (rastrojo)	0	4	8	12	kg/árbol

A cada uno de los 14 tratamientos generados por la Matriz PP1 se les agregó una dosis constante de 300 g de  $K_2O$  por árbol; también se incluyeron en el estudio tres tratamientos adicionales, dos con la finalidad de observar una posible respuesta a potasio, con cero y 600 g por árbol (tratamientos 15 y 16 respectivamente) y el tratamiento 17 lo constituyó el testigo (Figura 3.1 y Cuadro 3.1).

Los tratamientos se realizaron en base a sulfato de amonio, super fosfato de calcio triple y sulfato de potasio como fuentes nitrogenada, fosfatada y potásica respectivamente, mientras que el acolchado lo constituyó rastrojo proveniente del Campo Agrícola Experimental "Navidad" propiedad de la UAAAN, el cual fue previamente fraccionado en una picadora de forraje.

### **Aplicación de Tratamientos**

Para la aplicación de los tratamientos se procedió a limpiar de malezas la zona de goteo de los árboles, construyendo un cajete de dos por dos metros aproximadamente. Posteriormente se cavó una zanja de 10 a 15 cm de profundidad en el fondo del cajete, la cual se ubicó en el tercio

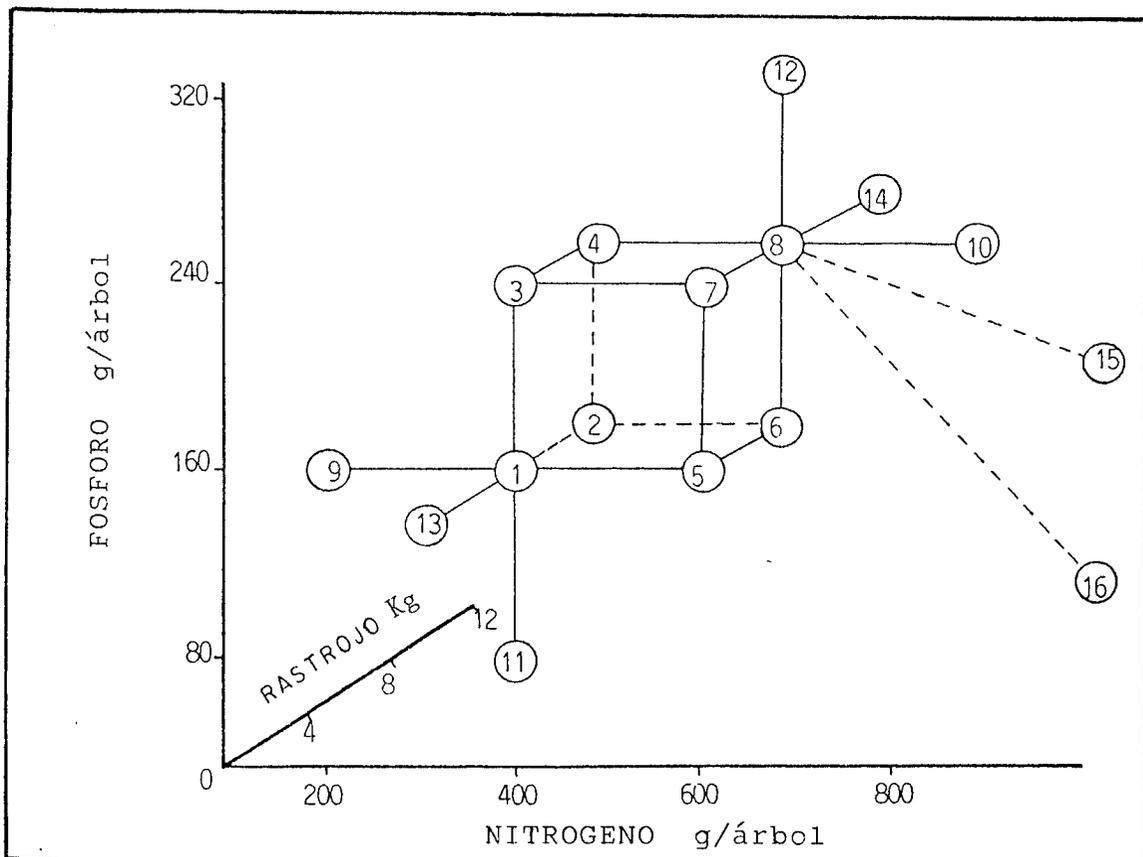


Figura 3.1 . Representación gráfica de la matriz Plan Puebla I para tres factores

Cuadro 3.1. Descripción de los tratamientos evaluados

No.	N	P2O5	RASTROJO	K2O
1	400	160	4	300
2	400	160	8	300
3	400	240	4	300
4	400	240	8	300
5	600	160	4	300
6	600	160	8	300
7	600	240	4	300
8	600	240	8	300
9	200	160	4	300
10	800	240	8	300
11	400	80	4	300
12	600	320	8	300
13	400	160	0	300
14	600	240	12	300
15	600	240	8	0
16	600	240	8	600
17	0	0	0	0

exterior de la proyección de la copa y en la misma se depositó el fertilizante, cubriéndose este con una capa de tierra. Esta labor se realizó en el mes de marzo y se dió en seguida un riego pesado por inundación para incorporar los tratamientos. Enseguida se distribuyeron sobre la superficie del cajete los niveles de rastrojo, esparciendo sobre el mismo una delgada capa de tierra a fin de que el viento no lo moviera. Se realizó esta operación en la etapa de brotación de los árboles.

### Diseño Experimental y Modelo Estadístico

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental la constituyó un árbol por parcela y el modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + E_{ij}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, 17$  tratamientos

$j = 1, 2, 3, 4$  bloques

$E_{ij} \sim NI(0, \sigma^2)$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta al tratamiento  $i$   
en el bloque  $j$

$\mu$  = Media general

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque

$E_{ij}$  = Error experimental que se le asume una distribución normal e independiente con media cero y varianza constante  $\sigma^2$ .

## VARIABLES REGISTRADAS Y MÉTODOS USADOS

### Análisis de Suelo

Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre algunas características del suelo, se tomó una muestra por cada unidad experimental a una profundidad de 0-30 cm y en base a éstas se formaron muestras compuestas para cada uno de los 17 tratamientos, de esta forma se llevó a cabo un muestreo al final de cada ciclo de producción (Octubre de 1987 y 1988).

Las muestras así obtenidas, fueron secadas al aire, molidas y tamizadas con malla de dos milímetros y analizadas en el laboratorio del CENID-RASPA, INIFAP-SARH en Gómez Palacio, Durango. Las determinaciones y las metodologías utilizadas fueron las siguientes:

Características	Metodología
pH	Potenciómetro
C.E.	Puente de wheatstone
Materia orgánica	Walkey y Black
C.I.C.	Acetato de amonio
Carbonatos totales	Titulación
K, Ca y Mg intercambiables	Absorción
K, Ca y Mg solubles	Titulación
Nitrógeno total	Kjeldahl
Fósforo aprovechable	Olsen
Potasio asimilable	Cobaltinitrito
Textura	Bouyoucos
Fe, Mn, Cu, Zn, y B	Absorción

## Características Físicas del Suelo

### Contenido de Humedad y Potencial Hídrico

El contenido de humedad del suelo fue determinado gravimétricamente a muestras tomadas con una barrena tipo Veihmeyer en cuatro fechas de muestreo; se tomó como indicador el estrato 0-30 cm. A fin de conocer el estado energético del agua del suelo, se obtuvo una curva de retención de humedad para cada nivel de acolchado (cuatro curvas), y en base a éstas, los datos de Pw fueron transformados a potencial hídrico.

### Temperatura del Suelo

Esta característica fue determinada en el estrato 0-10 cm el día 22 de mayo de 1988. Se utilizó para esta determinación un teletermómetro marca YSI, modelo 43 TD.

### Resistencia del Suelo a la Penetración

Se estimó la resistencia del suelo a la penetración en base a un penetrómetro de percusión, donde la variable medida fue el número de golpes. En 1988 se determinó esta característica para los estratos 0-10, 10-20 y 20-30 cm. El número de golpes fue transformado a  $\text{kg/cm}^2$  y MPa por medio de la curva de calibración del penetrómetro utilizado.

## Densidad Aparente

La masa del suelo por unidad de volumen fue determinado al final de cada ciclo de producción, en el estrato superficial del suelo (0-15 cm) por medio de un extractor de núcleos. Las muestras para esta evaluación fueron tomadas a 50 cm del tronco en cada una de las unidades experimentales.

## Determinación de los Potenciales Catiónicos de Schofield

Se utilizó la técnica propuesta por Ulrich y descrita por Fassbender (1975) , Cepeda (1988) y Cruz (1984). La actividad del K, Ca y Mg fue calculada de la siguiente manera:

$$\alpha_i = \gamma_i \times c_i$$

Donde  $\alpha_i$  es la actividad iónica,  $\gamma_i$  es el coeficiente de actividad y  $c_i$  es la concentración molar medida analíticamente. Los coeficientes de actividad fueron calculados utilizando la ecuación de Debye-Hückel para soluciones diluídas. (Lindsay, 1979; Cepeda, 1988):

$$\log \gamma_i = -AZ_i^2\sqrt{\mu}$$

Donde :  $\gamma_i$  = Coeficiente de actividad del ión i

A = 0.509 para agua a 25 °C

$Z_i$  = Valencia del ión i

$\mu$  = Fuerza iónica de la solución

La fuerza iónica de la solución fue definida por la siguiente ecuación:

$$\mu = 0.5 \sum C_i Z_i^2$$

Donde:  $\mu$  = Fuerza iónica  
 $C_i$  = Concentración molar del ión  $i$   
 $Z_i$  = Valencia del ión  $i$

Para obtener los potenciales catiónicos se transformó a logaritmo con signo negativo el valor de las actividades iónicas, de esta manera se obtuvieron los siguientes potenciales:

pK	Potencial potásico
pCa	Potencial cálcico
Mg	Potencial magnésico
pK -0.5pCa	Potencial potasio-cálcico
pK -0.5pMg	Potencial potasio-magnésico
pK -0.5p(Ca+Mg)	Potencial potasio-(calcico-magnésico)

### Diagnóstico Nutricional

El efecto que produjeron los factores evaluados sobre el estado nutrimental de los árboles, fue determinado mediante el enfoque de rangos críticos y de suficiencia (Simons, 1960; Bould, 1970; Young, 1980; Vang-Petersen y

Nikolajsen, 1986; Robinson, 1986), y a través del sistema integrado de diagnóstico y recomendación (DRIS) (Beaufils, 1973; Sumner, 1977a; 1979; 1985; Walworth y Sumner, 1987; Medina, 1987; Nuñez, 1987).

### **Análisis Foliar**

Las muestras foliares fueron obtenidas en cada árbol en las primeras tres repeticiones durante la primera semana de agosto de 1987 y 1988. Se colectaron hojas de la parte media de los crecimientos del año de la porción media de la copa, las muestras se depositaron en bolsas de papel y fueron sometidas al siguiente proceso de lavado: agua destilada + solución de HCl al 0.1 por ciento + agua destilada + agua destilada; se dejaron secar durante 24 horas y en seguida se llevaron a peso constante a una temperatura de 70 °C durante 48 horas. Una vez secas fueron pulverizadas en un molino tipo Willey con malla número 40. El proceso analítico de las muestras se realizó en los laboratorios del CENID-RASPA-INIFAP-SARH, en Gómez Palacio, Durango, por personal del mismo. Los elementos determinados fueron N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y B.

### **Generación de Normas DRIS**

Las normas DRIS fueron desarrolladas a partir de 54 observaciones, estas fueron divididas en dos subpoblaciones,

una de alto y otra de bajo rendimiento, los árboles con una producción mayor o igual a 60 kg comprendieron la subpoblación de alto rendimiento, este umbral se determinó tomando como criterio la suma de la media de producción más la desviación estandar. Para las dos subpoblaciones se calculó la media, la desviación estandar y la varianza de la concentración de los 10 elementos analizados, así como para todos los cocientes y productos de cada par de nutrimentos.

Los valores para las normas se seleccionaron en función de la relación de varianzas de los cocientes de cada par de nutrimentos; los cocientes con la relación de varianzas mayor (B/A) entre la subpoblación de bajos rendimientos (B) y la subpoblación de altos rendimientos (A), fueron considerados para las normas (Kim y Leech, 1986; Medina, 1987). Sin embargo para definir las expresiones de cada par de nutrimentos capaces de discriminar la población de alto rendimiento de la de bajo rendimiento, se seleccionaron aquellas cuya relación de varianzas ( $\sigma^2$  mayor/ $\sigma^2$  menor) fue significativa y la media de la población de alto rendimiento de la expresión seleccionada constituyó la norma de referencia. Para el cálculo de las normas DRIS se utilizó el programa de computo elaborado por Letzsch (1985) y adaptado por Sánchez (1988b).

El cálculo de los índices DRIS, el orden de requerimiento de los elementos nutritivos y el índice de

desbalance nutricional (IDN), se realizó con un programa elaborado por Sánchez (1988a) y con equipo de cómputo del CIFAP-Región Lagunera-INIFAP-SARH.

## **Indices de Crecimiento y Productividad de los Arboles**

### **Longitud de Brotes**

Para estimar esta característica, de cada árbol se seleccionaron cinco brotes de la parte media de la copa, cuatro orientados a cada uno de los puntos cardinales y uno al centro. La determinación se realizó mensualmente por medio de lectura directa. Se evaluó el crecimiento total de 1986, 1987 y 1988, el acumulado de 1986 a 1988, de 1986 a 1987, y el acumulado de 1987 a 1988.

### **Incremento en Area Transversal del Tronco (IATT)**

El área de la sección transversal del tronco se determinó a partir del perímetro del mismo a una altura de 30 cm del suelo mediante la fórmula:  $\text{Area} = \frac{\text{Perímetro}^2}{4\pi}$  el área así obtenida, se evaluó al inicio y al final de cada ciclo de producción, y por diferencia se obtuvo el incremento en área para 1986, 1987 y 1988, el acumulado de 1986 a 1988, de 1986 a 1987, y el acumulado de 1987 a 1988.

## Rendimiento de Fruto

Se establecieron las siguientes variables para esta característica: el número y peso total de frutos por árbol, y el número y peso de frutos de categoría extra, primera, segunda y tercera. Las categorías se definieron en función del diámetro ecuatorial del fruto, tomando como base los siguientes criterios: la categoría extra se integró por la fruta con un diámetro mayor de 6.7 cm, la de primera por aquella entre 6.7 y 6.2 cm, la de segunda por los frutos entre 6.1 y 5.5 cm y la categoría de tercera por la fruta con un diámetro menor a 5.5 cm. La cosecha se realizó en la primera quincena de septiembre.

El rendimiento total por árbol se expresó en relación con el área de la sección transversal del tronco como  $\text{kg/cm}^2$  para así obtener un índice del rendimiento en función del desarrollo del árbol.

## Métodos Estadísticos Para el Análisis de la Información

### Transformaciones

Para los valores del por ciento de humedad en el suelo ( $P_w$ ) se utilizó la transformación angular  $\text{arc sen } \sqrt{x}$ . La concentración foliar de K, Ca y Mg y sus proporciones (K/Ca, K/Mg y K/Ca+Mg), fueron transformadas a  $\log_{10}$  para el

análisis de regresión con respecto a sus potenciales catiónicos en el suelo. Para las variables que no presentaron homogeneidad de varianzas en la prueba de Bartlett, se empleó la transformación logarítmica ( $\ln$ ).

### **Análisis de Varianza**

Se realizó esta prueba en 1987 y 1988 para las siguientes variables: contenido gravimétrico de humedad, resistencia del suelo a la penetración, temperatura del suelo, densidad aparente, longitud de brotes por ciclo, longitud de brotes acumulado de 1986 a 1988, de 1986 a 1987, y el acumulado de 1987 a 1988; incremento en área de la sección transversal del tronco por ciclo, incremento en área acumulado de 1986 a 1988, de 1986 a 1987 y el acumulado de 1987 a 1988; peso y número total de frutos de categoría extra, primera, segunda y tercera para los ciclos 1987 y 1988, y el rendimiento total de 1988 en relación con el ASTT.

### **Pruebas Estadísticas**

En los análisis de varianza se utilizó la prueba de F al 0.01 y 0.05 de probabilidad, para el análisis de correlación, se determinó el nivel de significancia con una t de student  $\leq 0.10$  y para el de regresión con una F  $\leq 0.05$ ; después de realizado el ANVA, se utilizó el método automático de Yates descrito por Turrent (1985) para obtener los efectos

factoriales simples y sus interacciones; para comparar los ocho tratamientos de la parte factorial de la matriz se utilizó una  $EMS = t.10(g.l.ε.ε.)[CME/2^{n-2}r]^{1/2}$ ; para las prolongaciones y tratamientos adicionales (excepto el testigo) se utilizó una  $DMS = t.05(g.l.ε.ε.)[CME(1/r_1+1/r_2)]^{1/2}$ , donde n es igual al número de factores y r es el número de repeticiones. La comparación del testigo (tratamiento 17) contra el resto de los tratamientos, se llevó a cabo por medio de contrastes ortogonales. Se realizaron pruebas de homogeneidad de varianzas según la metodología de Bartlett descrita por Morones (1988).

### **Covarianza**

Se realizó este análisis para ajustar los datos de crecimiento de brotes, incremento en área de la sección transversal del tronco y rendimiento total, utilizando como covariable el área de la sección transversal del tronco al inicio de cada estación de crecimiento.

### **Análisis de Correlación**

Se determinó la correlación de las características físico-químicas del suelo registradas, con los índices de crecimiento y productividad de los árboles y con la concentración nutrimental de los mismos. También se correlacionaron las variables de los árboles entre sí.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### Contenido de Humedad y Potencial Hídrico del Suelo

En el análisis de varianza, los tratamientos de rastrojo produjeron efectos significativos ( $P > 0.05$ ) en el muestreo de mayo 88, y altamente significativos (0.01) en el contenido de humedad promedio (g/g) durante el ciclo 1988. En todas las fechas de muestreo excepto octubre 87 y septiembre 88, también se observaron diferencias significativas al comparar los tratamientos de acolchado con respecto al testigo en la prueba de contrastes ortogonales (Cuadro 4.1); así como efecto factorial significativo del acolchado en el análisis factorial (Cuadro 4.2).

Cuadro 4.1. F calculada (Fc) y cuadrado medio del error (CME) en el análisis estadístico de la variable contenido gravimétrico de humedad. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987 y 1988.

	Fecha de Muestreo				
	Oct 87	Abr 88	May 88	Sep 88	x 88
Fc Tratamientos	1.29 <sup>NS</sup>	0.99 <sup>NS</sup>	2.04*	1.48 <sup>NS</sup>	2.55 <sup>**</sup>
Fc Contraste	3.00 <sup>NS</sup>	8.28 <sup>**</sup>	23.30 <sup>**</sup>	3.56 <sup>NS</sup>	27.60 <sup>**</sup>
CME	3.60	3.88	4.80	5.45	0.87
C.V. (%)	8.34	7.38	8.66	8.30	5.38

Cuadro 4. 2. Efectos factoriales medios (EFM) y diferencia de medias para la variable contenido gravimétrico de humedad (Pw). Los Lirios, Coahuila. Ciclos 1987 y 1988.

N	P	Notación	Oct 1987		Abril 1988		Mayo 1988		Sept 1988		Media de 1988		
			Pw	EFM	Pw	EFM	Pw	EFM	Pw	EFM	Pw	EFM	
1	400 160	4	(1)	21.35	23.003	26.03	27.350	25.13	26.166	27.96	28.786	26.37	27.494
2	400 160	8	A	24.13	1.872*	28.73	0.839ns	26.41	1.316*	30.50	1.688*	28.54	1.179*
3	400 240	4	P	21.26	-0.301	27.54	0.396	25.99	0.097	28.80	0.008	27.92	0.116
4	400 240	8	PA	23.13	0.259	28.22	-0.204	27.61	-0.427	28.68	-0.278	28.17	-0.438
5	600 160	4	N	23.35	1.071	27.13	-0.558	25.37	-0.232	28.15	-0.393	26.88	-0.513
6	600 160	8	NA	23.79	-0.452	26.72	-0.748	27.57	-0.136	29.54	0.484	27.95	-0.031
7	600 240	4	NP	22.31	0.246	26.92	-0.102*	25.55	-0.937	26.87	-0.008	26.45	-0.469
8	600 240	8	NPA	24.71	0.718	27.52	0.708	25.71	-0.598	29.81	1.054	27.68	0.523
			EMS		1.123		1.167		1.298		1.384		0.852
9	200 160	4		22.16		26.26		24.31		29.29		26.62	
10	800 240	8		22.24		26.60		25.24		27.02		26.28	
11	400 80	4		22.18		26.39		25.47		26.63		26.16	
12	600 320	8		21.98		27.34		24.95		28.89		27.39	
13	400 160	0		21.41		25.61		23.51		25.76		24.96	
14	600 240	12		24.40		26.44		25.78		30.29		27.50	
15	600 240	8	0	23.59		26.62		26.50		27.76		26.96	
16	600 240	8	600	23.09		26.70		26.53		26.87		26.70	
17	0 0 0	0	DMS	2.13		2.10		2.46		2.62		1.62	
				21.72		24.40		21.56		27.87		24.69	

\*Efecto factorial significativo

Para la estimación del potencial hídrico en función del contenido de humedad, se obtuvo una curva de retención para cada dosis de rastrojo. Las ecuaciones se presentan en el Cuadro 4.3.

Cuadro 4.3. Ecuaciones de regresión para estimar el potencial hídrico del suelo en función del contenido gravimétrico de humedad (Pw) y cuatro dosis de rastrojo como acolchado. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

Dosis de Rastrojo (kg)	Ecuaciones	R <sup>2</sup>
0	$Y = 2637.4218 e^{-0.38238(Pw)}$	0.93
4	$Y = 5884.6504 e^{-0.42344(Pw)}$	0.95
8	$Y = 10717.225 e^{-0.45567(Pw)}$	0.98
12	$Y = 4775.8161 e^{-0.39850(Pw)}$	0.95

Y = Potencial hídrico

R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinación

En las cuatro fechas de muestreo y en el promedio del ciclo 1988, se observó consistentemente que el potencial hídrico del suelo se incrementó en función de la dosis de rastrojo hasta un nivel de ocho kg por árbol (Figuras 4.1 y 4.2, y Cuadro 4.4).

En todos los casos, se observaron diferencias muy marcadas al comparar la dosis de ocho kg de rastrojo con los tratamientos sin acolchado (13 y 17). En octubre 87 cuando se presentaron los potenciales más bajos, el potencial hídrico con la dosis de ocho kg fue de -0.18 MPa para el nivel

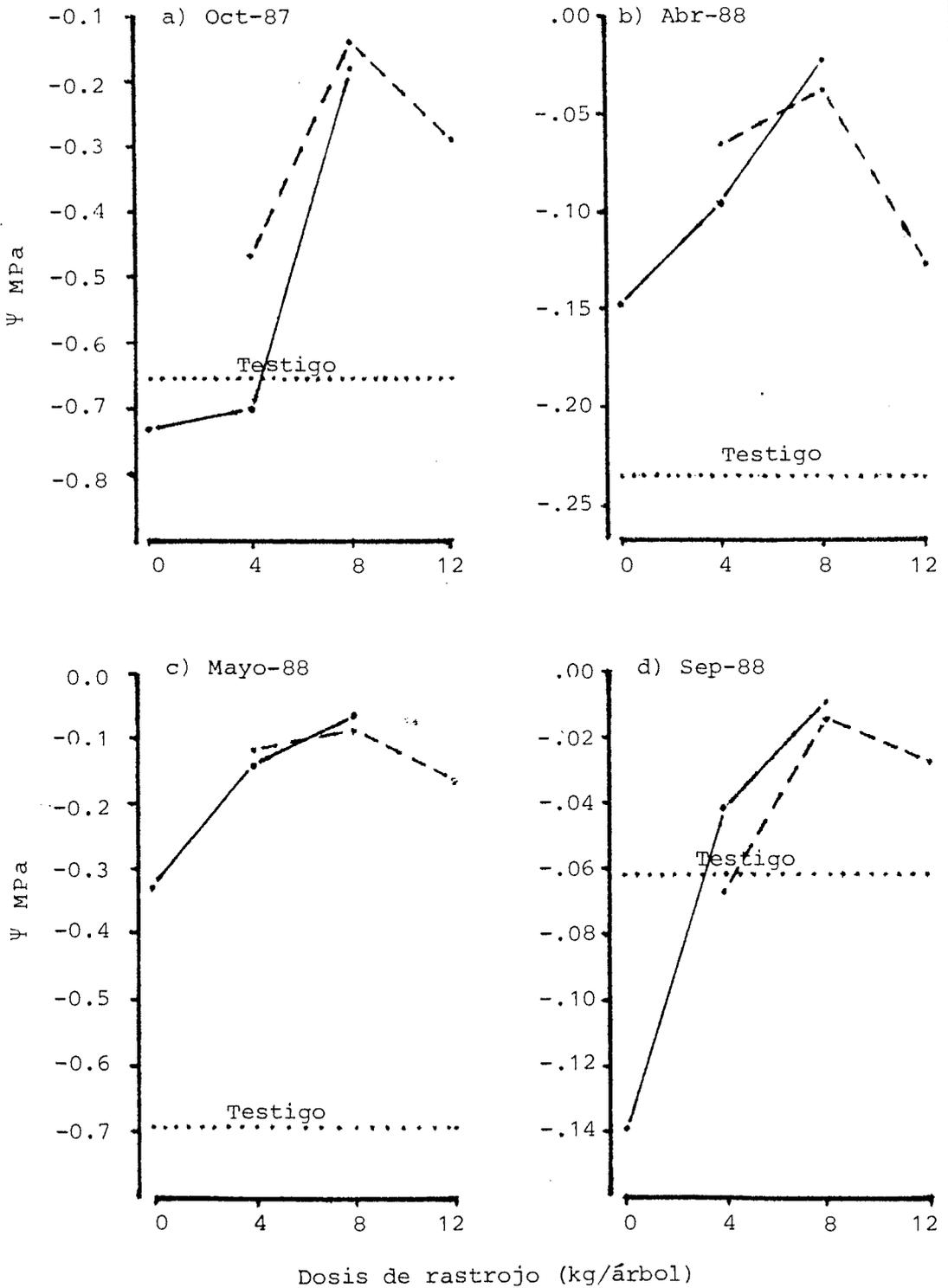


Figura 4. 1. Potencial hídrico del suelo ( $\Psi$ ) para el estrato 0-30 cm en función de cuatro fechas de muestreo y cuatro dosis de rastrojo. — 400-160-A, - - - 600-240-A. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987 y 1988.

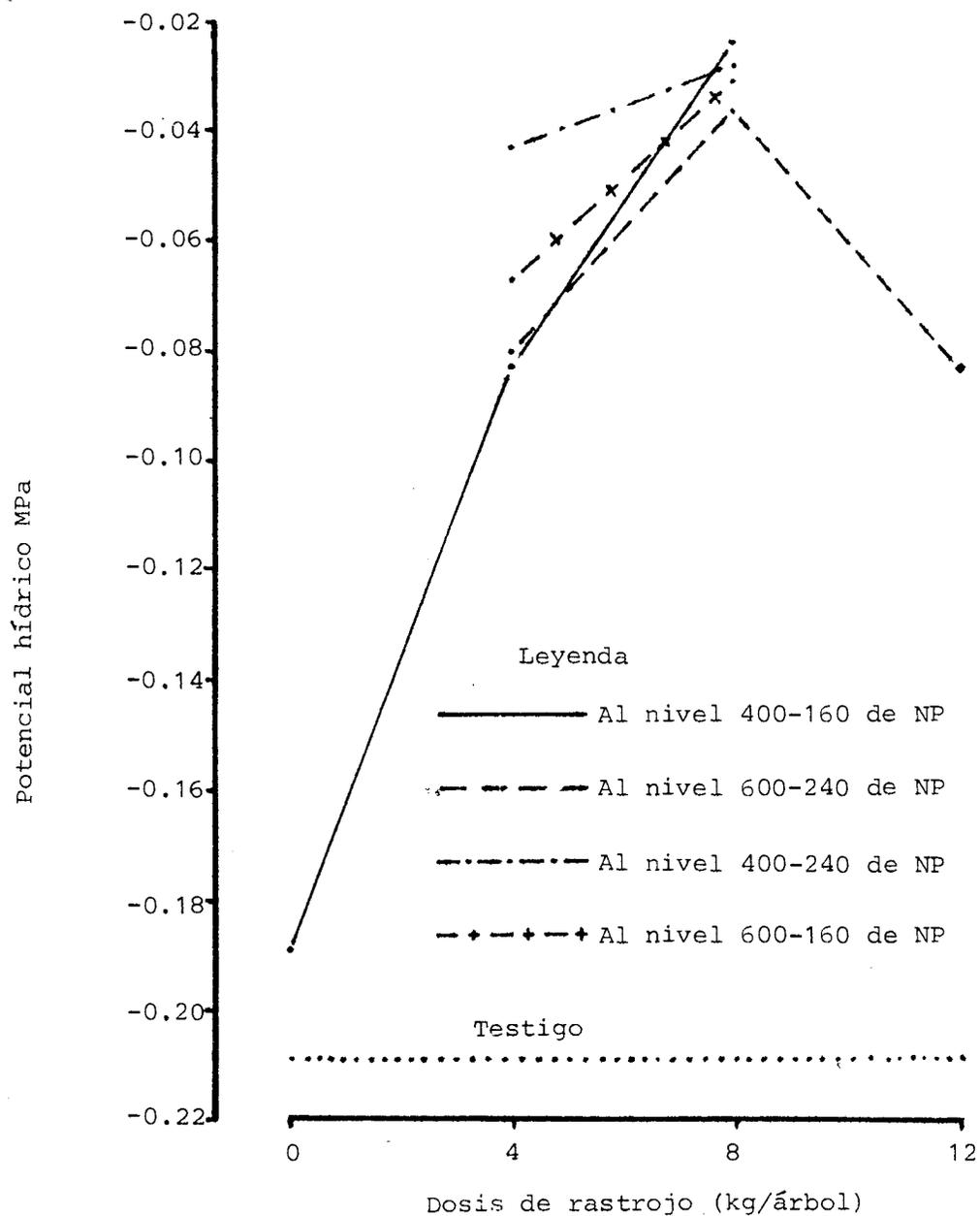


Figura 4. 2 . Potencial hídrico promedio para el estrato 0-30 cm en función de cuatro dosis de rastrojo. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988

400-160 de NP y -0.138 MPa con 600-240 de NP, mientras que los tratamientos 13 y 17 mostraron potenciales de -0.734 y -0.652 MPa respectivamente. Cuando las condiciones de humedad fueron más elevadas (septiembre 88), con ocho kg de rastrojo se obtuvieron potenciales de -0.009 y -0.014 MPa con 400-160 y 600-240 de NP respectivamente, en tanto que el tratamiento 13 mostró -0.139 MPa y -0.062 MPa el testigo.

Cuadro 4.4. Potencial hídrico del suelo para el estrato 0-30 cm en función de cuatro fechas de muestreo y cuatro dosis de rastrojo. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987 y 1988.

N	P	R	Potencial Hídrico (MPa)				
			Oct 87	Abr 88	May 88	Sep 88	$\bar{x}$ 88
g	kg						
400	160	0	-0.734	-0.147	-0.329	-0.139	-0.189
400	160	4	-0.697	-0.096	-0.141	-0.042	-0.083
400	160	8	-0.180	-0.022	-0.064	-0.009	-0.024
600	240	4	-0.464	-0.066	-0.118	-0.067	-0.080
600	240	8	-0.138	-0.038	-0.088	-0.014	-0.036
600	240	12	-0.286	-0.127	-0.165	-0.027	-0.083
0	0	0	-0.652	-0.234	-0.693	-0.062	-0.209

La comparación anterior entre contenidos de humedad contrastantes, nos permite analizar lo expuesto por Hanks et al. (1961) quienes afirman que los efectos del acolchado sobre las pérdidas por evaporación, son más evidentes cuando el contenido de humedad en la superficie del suelo es alto, y que cuando las condiciones son más secas, su influencia sobre la evaporación es casi despreciable.

En esta evaluación, y al contenido de humedad detectado en octubre 87 y mayo 88 cuando las condiciones fueron secas, se observó un efecto evidente del acolchado sobre el potencial hídrico del suelo, al mantener condiciones de humedad muy superiores a las obtenidas bajo el suelo desnudo. Aún cuando se acepta que para períodos largos después del riego o lluvia la tasa de evaporación de los suelos con acolchado se acerca e incluso supera a la del suelo desnudo, es evidente que la condición de humedad bajo este sistema después del período mencionado es mucho más favorable que en el testigo.

Ruíz (1989) atribuyó este efecto de los acolchados sobre la conservación de la humedad, a su control sobre el crecimiento de malezas, al rompimiento de la continuidad del sistema poroso del suelo, y a la disminución de la radiación solar que incide sobre el mismo; Hanks et al. (1961), coinciden en señalar que la reducción de la temperatura bajo el acolchado orgánico, es una de las razones por las que la evaporación es menor, lo cual según Baver et al. (1980) puede atribuirse a la disminución de la energía disponible para cambiar el agua en fase de vapor.

### **Temperatura del Suelo**

En el Cuadro 4.5 se observan los resultados obtenidos en los análisis estadísticos; el valor de F calculada para

tratamientos en el ANVA, y de Fc en la prueba de contrastes ortogonales al comparar el testigo contra el resto de los tratamientos, fue altamente significativo; también se encontró efecto significativo del acolchado y el fósforo en el análisis factorial, y significancia en la prueba de medias al comparar los niveles de la parte factorial de la matriz Plan Puebla 1 con el tratamiento 13, el cual contiene el nivel cero de rastrojo.

Cuadro 4.5. Efectos factoriales medios (EFM), diferencia de medias, F calculada (Fc), y cuadrado medio del error (CME), en el análisis estadístico para la variable temperatura del suelo. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

N	P	A	Notación	Temperatura °C		
				$\bar{x}$	EFM	
g	g	kg	Yates			
1	400	160	4	(1)	15.23	14.82
2	400	160	8	A	14.83	-0.531*
3	400	240	4	P	14.43	-0.656*
4	400	240	8	PA	14.35	0.025
5	600	160	4	N	16.00	0.231
6	600	160	8	NA	14.55	-0.294
7	600	240	4	NP	14.70	-0.019
8	600	240	8	NPA	14.50	<u>0.231</u>
						EMS 0.470
9	200	160	4		15.83	
10	800	240	8		15.53	
11	400	80	4		16.30	
12	600	320	8		15.13	
13	400	160	0		18.05*	
14	600	240	12		14.90	
				K <sub>2</sub> O		
15	600	240	8	0	15.30	
16	600	240	8	600	<u>14.73</u>	
				DMS	0.84	
17	0	0	0		17.74	

CME:

Fc para tratamientos = 9.09\*\*

Fc para el contraste acolchado vs. testigo = 121.55\*\*

\* = Efecto factorial o diferencia de medias significativos

C.V. = 5.10 %

Se observó que al incrementar la dosis de acolchado, la temperatura edáfica disminuyó de 18.05 °C con el nivel cero de rastrojo, a 15.23 y 14.83 °C con las dosis de cuatro y ocho kg/árbol, esto a una dosis de 400-160 de NP; con 600-240 de NP, se observó una temperatura de 14.7, 14.5 y 14.9 °C para las dosis de cuatro, ocho y 12 kg/árbol, mientras que el testigo (tratamiento 17) mostró una temperatura de 17.7 °C.

Según Wiersum (1980) el crecimiento de raíces y la absorción de nutrimentos está gobernado por mecanismos dependientes de la temperatura entre un rango de 275 a 300 °K, y por lo tanto una reducción de la temperatura dentro de dichos límites podría considerarse como indeseable; sin embargo, la máxima disminución de temperatura edáfica encontrada en esta evaluación fue de 3.7 °C, registrada entre los tratamientos 13 y cuatro, y la diferencia entre la media de los tratamientos con acolchado (15.24 °C) y la media de los tratamientos sin acolchar (17.88 °C) fue de 2.64 °C. Este efecto del rastrojo ya ha sido reportado para los acolchados orgánicos en general (Ross et al., 1986; García, 1989; Ruíz, 1989). Kohnke y Werkhoven (1963) demostraron que este tipo de cobertura puede reducir hasta un 50 por ciento la radiación que incide sobre la superficie del suelo, lo cual apoyan Ross et al. (1986) al afirmar que el acolchado orgánico actúa como un filtro que intercepta la radiación y la disipa muy eficientemente por libre convección.

El análisis de correlación entre la temperatura del suelo y su contenido de humedad, indicó un coeficiente altamente significativo entre estas variables ( $r = -0.866^{***}$ ). Al respecto, es muy difícil establecer una relación causal entre ambas características, ya que existe un efecto recíproco de la temperatura y la humedad edáficas; si bien se ha reportado que el uso de acolchados orgánicos reduce la temperatura del suelo lo cual disminuye la energía disponible para cambiar el agua líquida en fase de vapor, lo cual a su vez prolonga el proceso de lenta evaporación, también el alto contenido de humedad resultante, disminuye la temperatura del suelo a través de su efecto sobre la conductividad y difusividad térmicas del mismo (Ross et al., 1986). El comportamiento observado entre estas dos características se reporta en la Figura 4.3.

Aún cuando se desconoce la magnitud de los cambios fisiológicos y/o morfológicos que induciría una reducción de la temperatura edáfica del orden de 2.6 a 3.7 °C, se debe considerar que bajo el sistema de arropado la ganancia o pérdida de calor es menor (Hanks et al., 1961), por lo tanto, si bien durante el día se observó una menor temperatura en los tratamientos de acolchado, no se descarta que durante la noche, asumiendo una menor pérdida de calor y una menor fluctuación de la temperatura edáfica mediante este sistema, la condición térmica del suelo haya tendido a ser más estable que en el suelo desnudo.

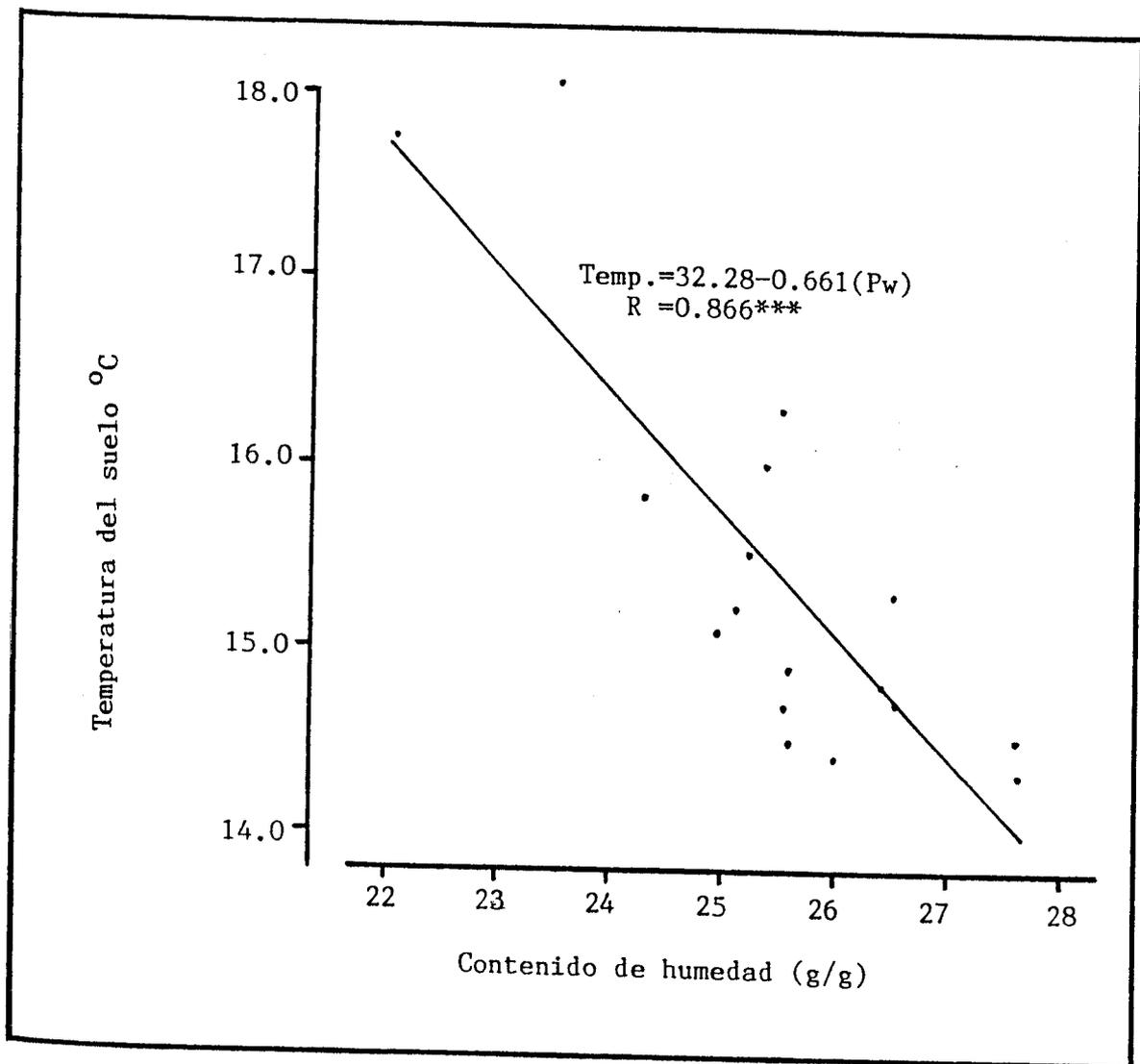


Figura 4.3. Temperatura del suelo (0-15 cm) en relación al contenido gravimétrico de humedad en el estrato 0-30 cm. Los Lirios Coahuila. Ciclo 1988.

### Resistencia del Suelo a la Penetración

No se detectaron diferencias significativas entre tratamientos en el ANVA, ni tampoco en la prueba de contrastes ortogonales al comparar el testigo contra el resto de los tratamientos (Cuadro 4.6).

Cuadro 4.6. F calculada (Fc) y cuadrado medio del error (CME) en el análisis estadístico para la variable resistencia del suelo a la penetración en tres profundidades de muestreo. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

	Profundidad en cm			
	0-10	10-20	20-30	0-30
Fc de tratamientos	0.730 <sup>NS</sup>	0.53 <sup>NS</sup>	0.58 <sup>NS</sup>	0.54 <sup>NS</sup>
Fc Contraste	0.003 <sup>NS</sup>	0.84 <sup>NS</sup>	0.75 <sup>NS</sup>	0.80 <sup>NS</sup>
CME	25.640	158.78	333.87	916.79
C.V. (%)	29.730	34.76	34.47	28.49

NS = Valor de F no significativo

En el análisis factorial de esta característica tampoco se encontraron efectos factoriales ni diferencia de medias significativa (Cuadro 4.7). En la Figura 4.4 se observa que solo al nivel 600-240 de NP en el estrato 0-10 cm, se detectó una tendencia del acolchado a reducir el valor de la resistencia a la penetración, al disminuirla de 1.82 MPa con cuatro kg de rastrojo, a 1.48 y 1.34 MPa con ocho y 12 kg por árbol respectivamente.

Los valores medios observados para los estratos 0-10, 10-20 y 20-30 cm, fueron 1.66, 3.60 y 5.21 MPa respectivamente, los cuales son muy superiores a los reportados por Ruíz (1989) y Medina (1984). Ruíz (1989) reportó correlaciones negativas y significativas entre esta característica y el crecimiento de brotes y el incremento en área de la sección transversal del tronco en manzano, aún cuando sus valores fluctuaron alrededor de 1.5 MPa. Medina



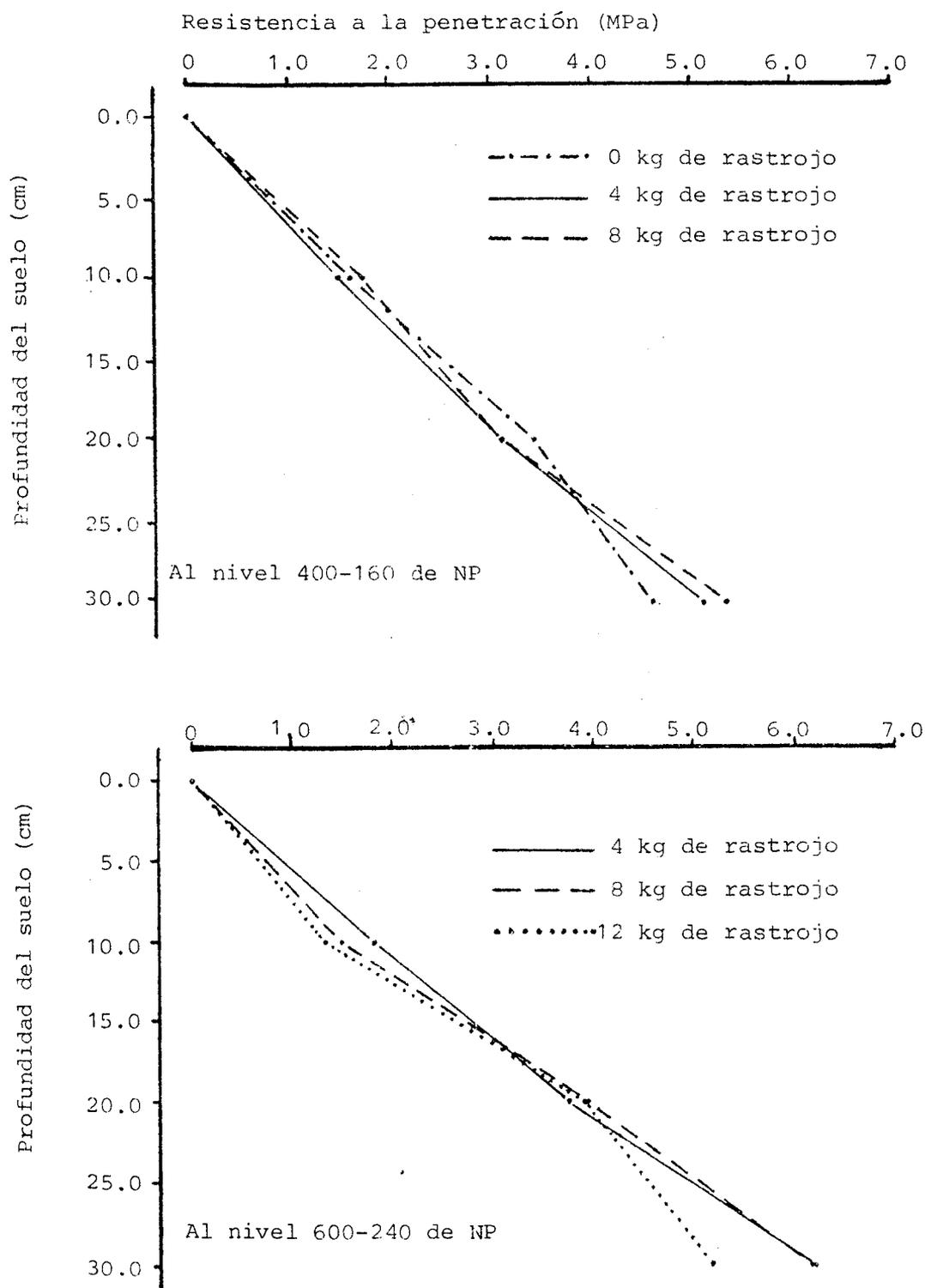


Figura 4.4. Resistencia a la penetración del suelo en función de cuatro dosis de acolchado y tres profundidades de muestreo. Los Lirios, Coahuila, Ciclo 1988.

(1984) encontró que un valor mayor de 2.0 MPa es crítico para el desarrollo de este frutal, y Wiersum (1980) estima que las puntas de las raíces pueden ejercer una fuerza de 2.4 MPa en suelos francos y arcillosos. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que el contenido de humedad del suelo afecta significativamente el valor de la resistencia a la penetración (Baver et al., 1980; Miller, 1986), y por lo tanto es muy importante considerar simultáneamente el nivel de humedad al que se determina esta característica, lo cual no fue posible en esta evaluación.

La estimación del valor de resistencia se llevó a cabo después de la cosecha, en una etapa en que el riego ya no se realizaba con la misma periodicidad y por lo cual se estima que el contenido de humedad era bajo. Sin embargo, durante la estación de crecimiento y considerando que el nivel de humedad y el valor de densidad aparente fueron adecuados, se asume que los valores de resistencia a la penetración debieron ser menores, o solo transitoriamente elevados en el período previo a la aplicación de los riegos.

### **Densidad Aparente**

El ANVA para esta característica, indicó que no existieron diferencias significativas entre tratamientos en los dos años de evaluación, solo en 1988 se observó efecto factorial significativo para la aplicación de nitrógeno así

como para la interacción nitrógeno por acolchado (NA) en el análisis factorial, y no se encontró diferencia estadística al comparar el testigo contra el resto de los tratamientos en la prueba de contrastes ortogonales (Cuadro 4.8).

En 1987, el valor de la densidad aparente disminuyó en función de la dosis de acolchado. A una dosis de 400-160 de NP, el nivel cero de rastrojo presentó una densidad de 1.083 g/cc, y con cuatro y ocho kg, los valores fueron de 1.061 y 1.023 g/cc (tratamientos 13, uno y dos respectivamente). Al nivel de 600-240 de NP, la densidad aparente para la dosis de cuatro, ocho y 12 kg de rastrojo fue de 1.042, 1.028 y 1.005 g/cc respectivamente, mientras que la densidad del testigo fue de 1.109 g/cc.

En 1988 no se observó el mismo comportamiento, sin embargo al interpretar la interacción NA, se aprecia que al incrementar el nivel de nitrógeno de 400 a 600 g/árbol, la media de las tres dosis de rastrojo dentro de cada nivel de nitrógeno disminuyó de 1.142 a 1.065 g/cc. Se ha señalado que el nitrógeno tiene un efecto positivo sobre el crecimiento de raíces, efecto que también se ha señalado para los acolchados ya que al mantener más húmedo el estrato superior, promueve el desarrollo superficial de raíces en la zona de podredumbre de la paja, lo cual repercute en una menor densidad aparente del suelo una vez que las raíces se descomponen e incorporan al suelo.

Cuadro 4.8. Efectos factoriales medios (EFM), diferencia de medias, F calculada (Fc) y cuadrado medio del error (CME) en el análisis estadístico para la variable densidad aparente del suelo. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987 y 1988.

	N	P	A	Notación	Da g/cc 1987		Da g/cc 1988	
					$\bar{x}$	EFM	$\bar{x}$	EFM
	g	kg	Yates					
1	400	160	4	(1)	1.061	1.031	1.170	1.110
2	400	160	8	A	1.023	0.0003 <sup>NS</sup>	1.123	0.0308 <sup>NS</sup>
3	400	240	4	P	0.991	-0.0098	1.151	-0.0235
4	400	240	8	PA	1.044	0.0192	1.136	0.0105
5	600	160	4	N	1.031	0.0029	1.052	-0.0711*
6	600	160	8	NA	1.030	-0.0073	1.139	0.0619*
7	600	240	4	NP	1.042	0.0146	1.004	-0.0196
8	600	240	8	NPA	1.028	-0.0260	1.101	-0.0054
				EMS		0.0459		0.0459
9	200	160	4		1.072		1.089	
10	800	240	8		1.006		1.096	
11	400	80	4		1.094		1.116	
12	600	320	8		1.094		1.163	
13	400	160	0		1.083		1.134	
14	600	240	12		1.005		1.091	
				K <sub>2</sub> O				
15	600	240	8	0	0.991		1.098	
16	600	240	8	600	1.006		1.138	
				DMS	0.082		0.095	
17	0	0	0		1.109		1.115	
Fc de tratamientos					1.637 <sup>NS</sup>		1.250 <sup>NS</sup>	
Fc acolchado vs.testigo					3.240 <sup>NS</sup>		1.411 <sup>NS</sup>	
CME					0.010		0.006	
C.V. (%)					7.37		6.87	

\* = Efecto factorial significativo

Los valores encontrados en esta evaluación se consideran normales para un suelo de textura arcillosa, sin embargo, se debe tener en cuenta que esta determinación se llevó a cabo en el estrato 0-15 cm. Narro (1987) indica que una densidad de 1.05 g/cc se considera adecuada para un suelo de estas características. En las arcillas, Castellanos (1985) afirma que la densidad máxima a la cual ya no penetran las raíces es de 1.46 g/cc, lo cual depende también del contenido

de humedad. El mismo autor cita que el contenido de materia orgánica explica el 92 por ciento de la variación de la densidad aparente, sin embargo, en esta evaluación no se puede atribuir la disminución de la densidad aparente a la adición de materia orgánica ya que el rastrojo no se incorporó, más bien, se considera que la acción del acolchado fue indirecta al disminuir el efecto negativo de los agentes atmosféricos (Kohnke y Werkhoven, 1985), mejorar la estructura de la capa superficial (Wiersum, 1980) y mantener la granulación, lo cual favorece una condición porosa que propicia bajos valores de densidad aparente (Tavera, 1985).

#### **El Acolchado y la Disponibilidad de Nutrientes**

Se obtuvieron los potenciales nutritivos para cada uno de los 17 tratamientos en los dos ciclos evaluados. En el Cuadro 4.9 se reportan únicamente los potenciales asociados con la aplicación del acolchado, y que corresponden a los tratamientos uno, dos, siete, ocho, 13 y 14 de la matriz PPI y el tratamiento 17 correspondiente al testigo.

Los valores del potencial potásico (pK) fluctuaron de 3.89 a 3.189 en 1987 y de 3.89 a 2.03 a 1988, los del potencial cálcico (pCa) de 2.857 a 2.207 en el primer ciclo y de 2.619 a 2.046 en el segundo, mientras que el potencial magnésico (pMg) presentó un rango de 3.621 a 2.801 en el 87 y de 3.327 a 2.663 en el 88.

Cuadro 4.9. Potenciales catiónicos elementales asociados con la aplicación de cuatro dosis de rastrojo como acolchado. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987 y 1988.

N	P	A	pK		pCa		pMg	
			1987	1988	1987	1988	1987	1988
g/árbol								
400	160	0	3.644	3.016	2.647	2.046	3.204	2.660
400	160	4	3.683	3.309	2.725	2.175	3.327	2.877
400	160	8	3.439	2.118	2.857	2.104	3.327	2.675
600	240	4	3.253	3.890	2.207	2.269	2.801	3.279
600	240	8	3.529	3.164	2.819	2.331	3.327	3.054
600	240	12	3.326	3.345	2.345	2.364	2.935	2.989
0	0	0	3.890	3.800	2.819	2.619	3.441	3.327
$\bar{x}$ general			3.483	3.117	2.518	2.256	3.161	2.939
$\bar{x}$ de testigo			3.767	3.408	2.733	2.333	3.323	2.995
$\bar{x}$ de acolchado			3.445	3.078	2.489	2.246	3.140	2.932

En los dos años de evaluación, no se observó un efecto consistente de las dosis de rastrojo sobre los potenciales catiónicos elementales, sin embargo resultó evidente que en ambos ciclos, el valor promedio del pK, pCa y pMg de los tratamientos con acolchado, fue menor que el obtenido en aquéllos sin acolchar; así mismo, se observó que el valor de los potenciales disminuyó en función del tiempo aún en el caso de los testigos, los cuales registraron pK de 4.149 en 1986, 3.767 en 1987 y 3.408 en 1988; pCa de 2.805, 2.733 y 2.333 para los mismos años, mientras que los valores para el pMg fueron de 3.394, 3.323 y 2.995 respectivamente.

Aún cuando la disponibilidad de K, Ca y Mg no fue afectada drásticamente por la dosis de rastrojo, al contrastar los valores obtenidos bajo el suelo desnudo con

respecto al uso del acolchado, fue claro que existió una mayor disponibilidad de dichos elementos bajo este sistema tal como lo señalan Gardner et al. (1939) y Wander y Gourley (1944). El incremento en la disponibilidad de dichos cationes debe guardar un equilibrio en la solución del suelo, ya que es una regla que al aumentar el suministro de un catión dentro de la planta, resulta en una disminución de la concentración de otros cationes tal como reporta Cruz (1984), el cuál encontró que al aumentar los niveles de K foliar disminuyó la concentración de Ca y Mg en plantas de sorgo. De lo anteriormente expuesto, se desprende que debe existir un equilibrio catiónico tanto en la planta como en la solución del suelo, Ortega (1978) afirma que la proporción relativa de los cationes en la solución del suelo depende de su concentración; al diluir se ocasiona una pequeña disminución proporcional de los iones mono y divalentes.

La determinación del nivel de equilibrio del K en relación a Ca y Mg en la solución del suelo, se evaluó a través del  $pK-0.5pCa$ ,  $pK-0.5pMg$  y  $pK-0.5p(Ca+Mg)$ , los cuales se reportan en el Cuadro 4.10.

El valor del potencial potasio-cálcico fluctuó de 2.481 a 1.978 en 1987 y de 2.756 a 1.066 en 1988, esto considerando todos los tratamientos. En la Figura 4.5 se observa la respuesta a la aplicación de las cuatro dosis de rastrojo en los dos años de evaluación.

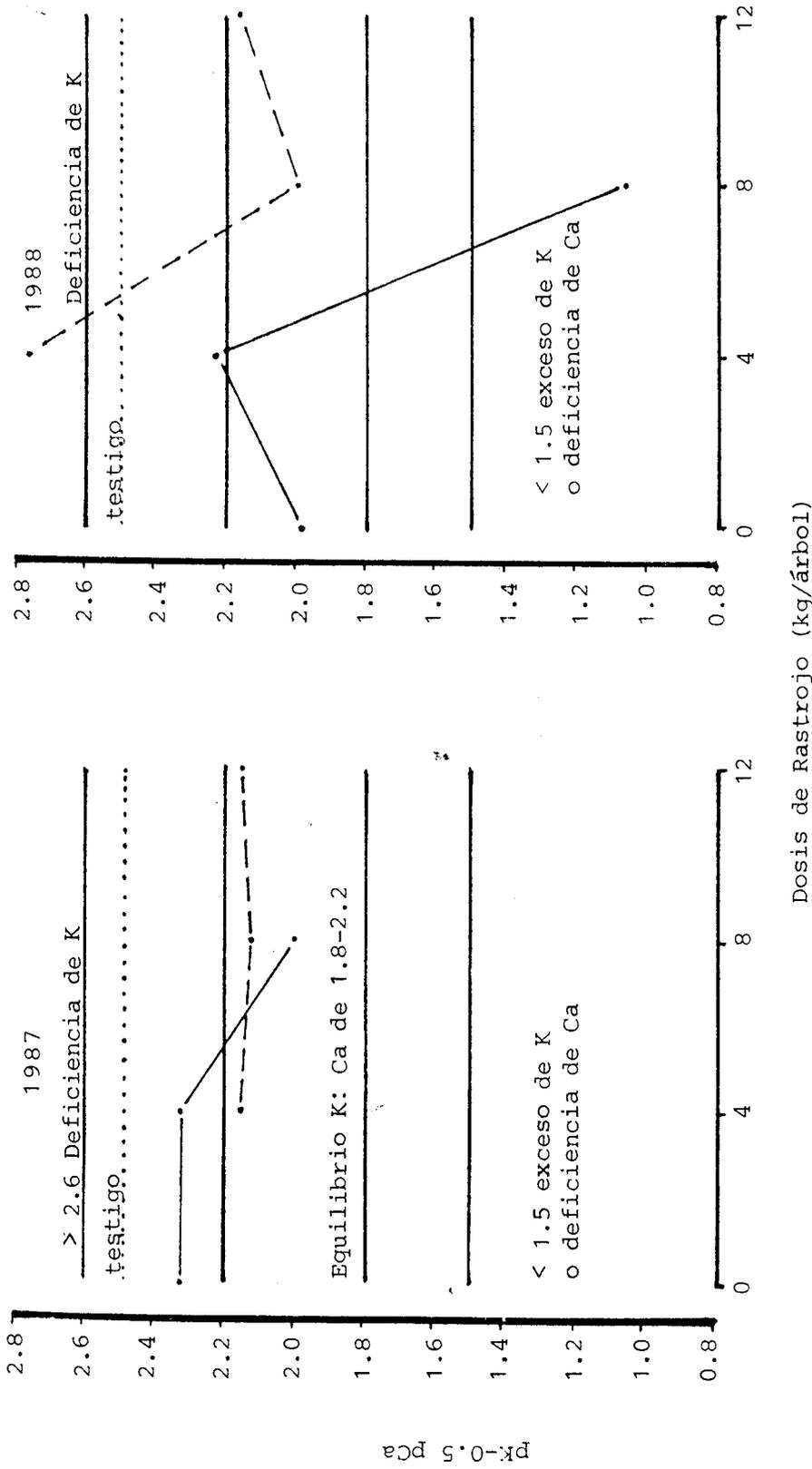


Figura 4. 5. Potenciales potasio-cálcicos (pK-0.5 pCa) asociados con la aplicación de cuatro dosis de rastrojo como acolchado.  
 — 400-160-A, ----600-240-A. Los Lirios, Coahuila. Cielo 1987 y 1988.

Cuadro 4.10. Potenciales catiónicos asociados con la aplicación de cuatro dosis de rastrojo como acolchado. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987 y 1988.

N	P	A	pK-0.5pCa		pK-0.5pMg		pK-0.5p(Ca+Mg)	
			1987	1988	1987	1988	1987	1988
g/árbol								
400	160	0	2.321	1.993	2.042	1.685	0.719	0.662
400	160	4	2.321	2.222	2.020	1.871	0.657	0.783
400	160	8	2.011	1.066	1.776	0.781	0.347	0.272
600	240	4	2.150	2.756	1.853	2.251	0.749	1.116
600	240	8	2.120	1.999	1.866	1.637	0.456	0.472
600	240	12	1.154	2.163	1.859	1.851	0.686	0.669
0	0	0	2.481	2.491	2.170	2.137	0.760	0.827
$\bar{x}$ general			2.224	1.989	1.961	1.667	0.643	0.604
$\bar{x}$ de testigo			2.401	2.242	2.106	1.911	0.740	0.745
$\bar{x}$ de acolchado			2.201	1.955	1.942	1.634	0.630	0.586

En base a los datos de Woodruff (1955) también citados por Cruz (1984), pudo definirse que en la mayoría de los casos, el sistema de acolchado promovió un mayor equilibrio K:Ca que el suelo desnudo; dicho autor reportó que los valores del pK-0.5pCa entre 1.8 y 2.2 representan un equilibrio entre el Ca y el K que es adecuado para la nutrición de las plantas, valores mayores de 2.6 están asociados con deficiencias de K y aquéllos menores de 1.5 representan un exceso de K o una deficiencia de calcio. En nuestro caso, fue evidente que en ambos años los valores del testigo se ubicaron por arriba del rango de equilibrio mencionado y tendieron a situarse en el umbral de la deficiencia de K, lo cual indica que bajo condiciones naturales en el lote experimental, el calcio tiende a disminuir ligeramente la disponibilidad del potasio, ya que

dicho catión (Ca) prácticamente satura el complejo de intercambio del suelo; Al respecto, Ortega (1978) señala que el catión predominante en la solución del suelo es el calcio, excepto en aquellos suelos con alto contenido de sales solubles; magnesio le sigue en orden de concentración y por último potasio en cantidades muy pequeñas.

Para el caso de los  $pK-0.5pMg$  y  $pK-0.5p(Ca+Mg)$ , se encontró que los valores del potencial potasio-magnésico asociados con la aplicación del acolchado, fueron inferiores a aquellos obtenidos sin este sistema; en 1987 la media de acolchados se ubicó en 1.942, y el valor de los tratamientos sin acolchar en 2.106, mientras que en 1988 los valores correspondientes fueron de 1.634 y 1.911; lo mismo ocurrió con el  $pK-0.5p(Ca+Mg)$ , donde los valores obtenidos sin el uso de acolchado fueron de 0.74 en 1987 y 0.745 en 1988, en tanto que la media para esta práctica se ubicó en 0.63 en el primer ciclo y 0.586 en el segundo (Cuadro 4.10).

Al igual que en la determinación de los potenciales elementales, no hubo un efecto consistente de la dosis de acolchado sobre los valores del  $pK-0.5pCa$ ,  $pK-0.5pMg$  y  $pK-0.5p(Ca+Mg)$ . Cruz (1984) determinó estos mismos potenciales en seis suelos diferentes, y encontró coeficientes de correlación altamente significativos entre dichos valores y las relaciones  $K/Mg$  y  $K/Ca+Mg$  en el follaje del sorgo; en el suelo que presentó las mayores

correlaciones, el  $pK-0.5pMg$  fluctuó de 2.19 a 1.16 cuando éste se determinó antes de la siembra, y de 2.44 a 2.28 después de la cosecha; para las mismas etapas, los valores del  $pK-0.5p(Ca+Mg)$  variaron de 1.03 a 0.05, y de 1.16 a 0.90 respectivamente, correspondiendo los valores más altos a los tratamientos sin fertilización potásica.

De su información podemos deducir que a medida que el valor de los potenciales  $pK-0.5pCa$  y  $pK-0.5p(Ca+Mg)$  tienda a incrementarse, la disponibilidad del K se reducirá en relación a la del Ca y Mg o viceversa.

Este mismo autor analiza la relación entre los cationes intercambiables en el suelo y describe que una proporción Ca/Mg entre 1.3 y 8.0, indica niveles óptimos de Ca y Mg, mientras que el valor de la relación Ca+Mg/K debe situarse entre 27 y 68 para que exista un nivel adecuado de K, Ca y Mg en el suelo; de la información que maneja se deriva que las proporciones Ca/K y Mg/K deben ubicarse entre 11.4 y 68.6, y entre 2.86 y 17.1 respectivamente.

En el Cuadro 4.11 se reportan las relaciones catiónicas asociadas con la aplicación del acolchado, y en función de la interpretación que cita Cruz (1984), se observó que únicamente los valores de la proporción Ca/K se ubicaron dentro del rango considerado como adecuado, lo cual habla de un balance entre estos cationes.

Cuadro 4.11. Relaciones catiónicas (K, Ca y Mg) asociadas con la aplicación de cuatro dosis de rastrojo como acolchado. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987 y 1988.

P	A	g/árbol	Ca/K		Mg/K		Ca/Mg		Ca+Mg/K	
			1987	1988	1987	1988	1987	1988	1987	1988
400	160	0	17.9	15.2	2.26	1.75	7.91	10.0	20.2	16.7
400	160	4	24.7	22.5	2.16	1.85	11.46	12.2	26.9	24.4
400	160	8	17.3	23.1	1.86	2.31	9.27	10.0	19.1	25.4
600	240	4	16.4	25.6	1.82	1.69	9.00	15.2	18.2	27.3
600	240	8	22.5	33.1	2.30	1.35	9.78	11.8	24.8	17.2
600	240	12	13.5	15.0	2.05	1.86	6.58	8.0	15.6	16.9
0	0	0	28.9	23.5	2.11	2.35	13.68	10.0	31.0	25.9
Optimos Cruz (1984)			11.4--68.6		2.86-17.10		1.3 - 8.0		27.0--68.0	

En el caso de la relación Mg/K, prácticamente todos los datos fueron menores que el rango de referencia, esto indica que existe un desequilibrio que ubica al magnesio en condiciones de deficiencia con respecto al potasio.

Para la relación Ca/Mg, se obtuvieron valores que en la mayoría de los casos fueron mayores a 8.0 que es el límite superior del rango en que la proporción entre estos dos elementos es adecuada, por lo cual se considera que hay un exceso de Ca con respecto al Mg. Por su parte, la proporción Ca+Mg/K también se ubicó fuera del rango adecuado ya que a excepción del tratamiento 600-240-4 y del testigo, que presentaron valores de 27.31 y 31.0 respectivamente, los demás datos fueron inferiores a 27 que es el límite inferior del rango considerado como adecuado (Cuadro 4.11), lo cual

indica que existe un nivel alto de K en el suelo, o una deficiencia de Ca y/o Mg (Cruz, 1984). Sin embargo, dado que la proporción K/Ca resultó adecuada, se deduce que es esencialmente el Mg el que se encuentra en condiciones de deficiencia con respecto al K y al Ca.

Los valores absolutos de las bases cambiables K, Ca y Mg y las relaciones entre ellos, ganan importancia en su interpretación al ser asociados con el desarrollo de un cultivo específico (Cruz, 1984); en nuestro caso, al relacionar dichos valores y los potenciales nutritivos con respecto a la concentración foliar de estos cationes, se observaron correlaciones significativas únicamente entre el magnesio intercambiable del suelo y la concentración foliar de este elemento en el ciclo 1987 ( $r = 0.493^*$ ), y entre la proporción K/Mg intercambiable y la misma relación en el follaje del manzano ( $r = -0.441^*$ , Quadro 4.12).

A nivel de absorción, solo en el muestreo de 1987 se detectó que el acolchado tendió a incrementar la concentración foliar de N, P, K, Ca, Mg, y B (Figura 4.6), lo cual se considera una evidencia indirecta del efecto de esta práctica sobre la disponibilidad de dichos nutrimentos, ya que su disponibilidad en el suelo es una condición necesaria para la absorción de los mismos.

Cuadro 4.12. Coeficientes de correlación entre los cationes intercambiables y los potenciales nutritivos con respecto a la concentración foliar de K, Ca y Mg. Manzano var. Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987 y 1988.

Suelo	Planta	Coeficientes de correlación	
		1987	1988
pK	K	0.051	0.005
K intercambiable	K	0.248	-0.003
pCa	Ca	0.055	0.250
Ca intercambiable	Ca	-0.032	0.334
pMg	Mg	0.131	0.235
Mg intercambiable	Mg	0.493*	0.139
pK-0.5pCa	K/Ca	0.362	-0.086
K/Ca intercambiables	K/Ca	0.118	0.085
pK-0.5pMg	K/Mg	-0.301	-0.238
K/Mg intercambiables	K/Mg	-0.441*	-0.326
pK-0.5p(Ca+Mg)	K/Ca+Mg	0.161	-0.172
K/Ca+Mg intercambiables	K/Ca+Mg	0.107	0.107

En nuestro caso, las mayores diferencias se observaron al comparar el nivel cero con la dosis de ocho kg de rastrojo, y si bien la diferencia en concentración fue pequeña, el incremento porcentual con respecto al testigo fue evidente ya que se obtuvieron aumentos de 4.7, 7.0, 16.8, 22.0, 17.0 y 15.3 por ciento respectivamente; aún cuando Ruíz (1989) y Russell (1961) en el caso del N, y Gardner *et al.* (1939) y Wander y Gourley (1944) en el resto de los elementos mencionados, reportaron incrementos en su disponibilidad al acolchar con residuos de cosecha, a nivel edáfico cualquier factor que influya en el crecimiento de raíces y sobre el movimiento de nutrimentos hacia éstas, tales como el flujo de

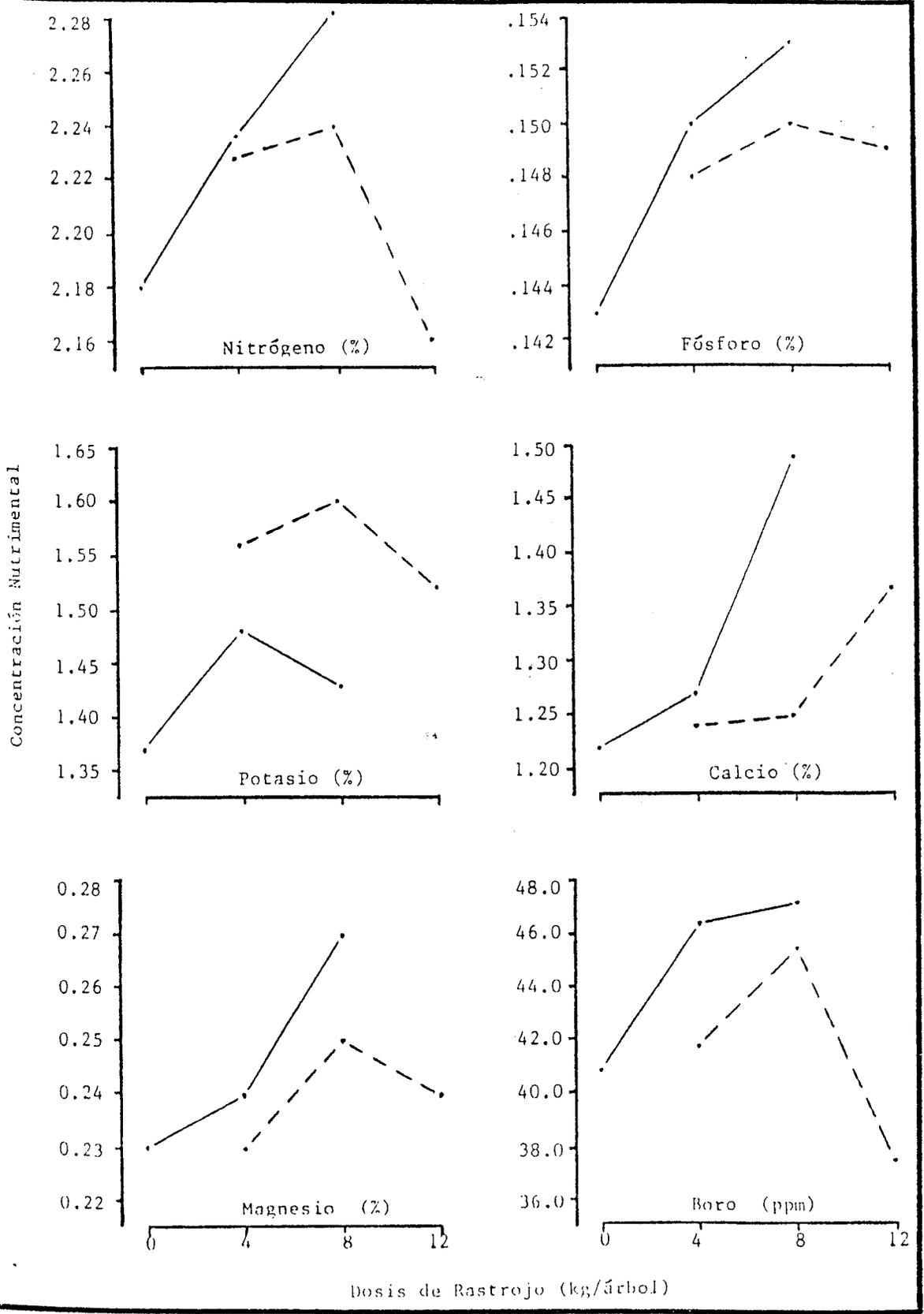


Figura 4.6 . Concentración nutricional asociada con la aplicación de cuatro dosis de rastrojo como acolchado. — 400-160 de NP; --- 600-240 de NP. Manzano Var. Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.

masa y la difusión, afectará el nivel de absorción de nutrimentos (Mortvedt et al., 1983; Bould, 1970); al respecto, cabe considerar que el acolchado es una práctica que incrementa la densidad de raíces (Ruíz, 1989) y que según Barber (1984), el movimiento de iones hacia la raíz por flujo de masa depende de la tasa de absorción de agua, la cual a su vez es afectada por la especie, el clima y el nivel de humedad en el suelo. Además, el valor del coeficiente de difusión efectivo ( $D_e$ ) para un ión, es proporcional al contenido volumétrico de agua ( $\theta$ ) en el suelo ( $D_e = D_1\theta f_1/b$ ), por lo cual se puede afirmar, que si bien el incremento en el contenido de humedad bajo el acolchado favorece la mineralización de la materia orgánica lo cual hace disponibles sus elementos constituyentes, este efecto sobre la humedad también influye favorablemente sobre algunos procesos importantes para la nutrición vegetal como el flujo de masa, la difusión, y la intercepción radical.

Por otra parte, la ausencia de respuesta en el ciclo 88 se explica por el hecho de que la concentración de un nutrimento tanto foliar como en otros órganos, es una función de la cantidad total del elemento absorbida en relación al nivel de crecimiento y producción de los árboles (Atkinson y White, 1980), ya que esto último modifica la relación hoja/fruto (fuente/demanda) que a su vez influye en el patrón de distribución de los nutrimentos absorbidos; al respecto Emmert (1959) indica que el nivel de producción es un factor

que influye sobre la concentración de elementos, y en nuestro caso donde la producción del 88 fue 14.8 veces superior a la del 87, se asume que este factor ejerció un efecto dominante sobre la composición foliar en el último año, lo cual enmascaró un posible efecto del acolchado sobre la concentración foliar de nutrimentos tal y como se observó en el ciclo 1987.

La explicación del efecto que ejerce la carga de frutos sobre la concentración foliar de nutrimentos se encuentra en las investigaciones de Hansen (1980), quien indica que en árboles con una gran producción, la mayor parte de la materia seca producida es translocada hacia los frutos por ser éstos los órganos de mayor demanda, lo cual reduce considerablemente la acumulación de materia seca en los demás órganos de la planta.

Esta variación en la tasa de acumulación de materia seca por las hojas afecta la proporción de los elementos expresados sobre una base de concentración, ya que todos los nutrimentos se reportan como un porcentaje de la materia seca de las hojas, lo cual explica el enorme efecto que ejerce la carga de frutos sobre la concentración foliar de nutrimentos.

## Diagnóstico Nutricional

La composición foliar detectada en la primera quincena de agosto para los ciclos 87 y 88 se reporta en los Cuadros 4.13 y 4.14; la evaluación del estado nutricional y la comparación de los enfoques de diagnóstico utilizados, se llevó a cabo solamente en el ciclo 1988 ya que en el año anterior dadas las pérdidas en producción por efecto de las heladas tardías (93 por ciento en relación al 88), se descartó la influencia de algún factor nutricional sobre los bajos rendimientos obtenidos, y si bien el nivel de rendimiento en 1988 fue muy superior a la media regional, se consideró más útil diagnosticar los problemas nutricionales que ocurren a este nivel de producción, razón por la cual se generaron normas DRIS únicamente con los datos del ciclo 88.

Para el diagnóstico por el enfoque de rangos de suficiencia, se tomó en cuenta que la concentración foliar es afectada por la edad del árbol (Emmert, 1954) y del tejido muestreado (González, 1989), por la variedad (López y López, 1985), por el portainjerto, los cultivos de cobertura y el contenido de humedad del suelo (Bould, 1970); así como el nivel de producción y el clima (Emmert, 1959), todo lo cual hace suponer que en sentido estricto, ninguno de los criterios de interpretación que se reportan en el Cuadro 2.2 serían útiles para este propósito, ya que las condiciones bajo las que se obtuvieron dichos valores, no son iguales a

Cuadro 4.13. Composición foliar<sup>1</sup> asociada con la aplicación de cuatro dosis de nitrógeno, fósforo y acolchado del suelo. Manzano var. Golden Delicious/MM 111. Los Lirios, Coahuila. Agosto de 1987.

	Tratamientos*			Composición foliar								ppm		
	N	P	A	K	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	%													
1	400	160	4	300	2.236	0.150	1.48	1.27	0.24	119	194	9.33	1.33	46.30
2	400	160	8	300	2.283	0.153	1.43	1.49	0.27	132	184	9.67	2.33	47.13
3	400	240	4	300	2.157	0.160	1.51	1.33	0.25	123	169	10.33	2.67	46.90
4	400	240	8	300	2.217	0.149	1.55	1.36	0.23	131	156	10.33	3.00	43.57
5	600	160	4	300	2.227	0.146	1.51	1.20	0.24	122	226	10.00	2.00	48.67
6	600	160	8	300	2.043	0.140	1.24	1.26	0.26	128	183	10.33	2.67	40.80
7	600	240	4	300	2.227	0.148	1.56	1.24	0.23	116	232	10.33	1.67	41.77
8	600	240	8	300	2.240	0.150	1.60	1.25	0.25	128	154	11.33	2.00	45.37
9	200	160	4	300	2.133	0.152	1.51	1.23	0.25	132	203	10.33	2.00	44.20
10	800	240	8	300	2.203	0.159	1.66	1.31	0.23	117	199	11.00	2.67	50.50
11	400	80	4	300	2.180	0.144	1.47	1.34	0.20	138	178	10.00	3.00	45.37
12	600	320	8	300	2.260	0.145	1.35	1.57	0.22	151	205	11.00	3.67	44.17
13	400	160	0	300	2.180	0.143	1.37	1.22	0.23	125	220	10.67	3.00	40.87
14	600	240	12	300	2.160	0.149	1.52	1.37	0.24	145	185	11.67	2.67	37.50
15	600	240	8	0	2.207	0.144	1.44	1.43	0.27	124	248	11.33	2.33	49.00
16	600	240	8	600	2.347	0.154	1.47	1.48	0.26	155	149	11.33	3.33	49.60
17	0	0	0	0	2.117	0.136	1.48	1.26	0.24	127	171	10.67	3.00	49.00

<sup>1</sup> Media de tres repeticiones

\* N, P y K= Nitrógeno, fósforo y potasio en g/árbol

A= Acolchado en kg/árbol

las que prevalecen en la región donde se ubicó el huerto experimental; sin embargo debido a la falta de estándares regionales, se utilizaron los valores de referencia reportados por Bould (1970) y Robinson (1986), asumiendo que los criterios de interpretación que publican dichos autores son de los más completos que se encuentran en la literatura.

En el Cuadro 4.15 se reporta el diagnóstico nutricional según este enfoque, y en el 4.16 el porcentaje de nutrimentos que rebasan el límite inferior o superior de los rangos considerados como adecuados.

Cuadro 4.16. Porcentaje de nutrimentos en condición sub y supraóptima según dos criterios de interpretación de los rangos de suficiencia. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

	Nivel subóptimo <sup>1</sup> (%)		Nivel supraóptimo <sup>2</sup> (%)	
	Bould (1970)	Robinson(1986)	Bould(1970)	Robinson (1986)
N	29.4	0.0	0.0	64.7
P	100.0	94.1	0.0	0.0
K	100.0	88.2	0.0	0.0
Ca	0.0	0.0	0.0	0.0
Mg	82.4	29.4	0.0	5.9
Fe	0.0	88.2	0.0	0.0
Mn	0.0	0.0	100.0	100.0
Zn	100.0	100.0	0.0	0.0
Cu	0.0	23.5	0.0	0.0
B	5.9	0.0	52.9	0.0

\* Porcentaje de tratamientos cuya concentración de nutrimentos es inferior (1) o superior (2) a la óptima.

En el Cuadro 4.16, se observa que según ambos criterios de interpretación, el P, K, Mg y Zn se encuentran en un nivel inferior al óptimo, también se señalan como

Quadro 4.15. Diagnóstico nutrimental por el método de rangos de suficiencia para cada uno de los tratamientos evaluados. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

Tratamiento	Condición nutrimental	Referencia	
1	N↓ P↓ K↓ Mg↓ P↓ K↓	Mn↑ Zn↓ B↑ Fe↓ Mn↑ Zn↓ Cu↓	Bould (1970) Robinson (1986)
2	P↓ K↓ Mg↓ N↑ P↓ K↓ Mg↓	Mn↑ Zn↓ B↑ Fe↓ Mn↑ Zn↓ Cu↓	Bould (1970) Robinson (1986)
3	P↓ K↓ Mg↓ N↑ K↓	Mn↑ Zn↓ B↑ Fe↓ Mn↑ Zn↓ Cu↓	Bould (1970) Robinson (1986)
4	P↓ K↓ Mg↓ N↑ P↓ K↓ Mg↓	Mn↑ Zn↓ B↑ Fe↓ Mn↑ Zn↓ Cu↓	Bould (1970) Robinson (1986)
5	N↓ P↓ K↓ Mg↓ P↓ K↓	Mn↑ Zn↓ B↑ Fe↓ Mn↑ Zn↓	Bould (1970) Robinson (1986)
6	P↓ K↓ Mg↓ N↑ P↓ K↓	Mn↑ Zn↓ Mn↑ Zn↓	Bould (1970) Robinson (1986)
7	P↓ K↓ Mg↓ N↑ P↓ K↓	Mn↑ Zn↓ Fe↓ Mn↑ Zn↓	Bould (1970) Robinson (1986)
8	P↓ K↓ N↑ P↓ K↓ Mg↑	Mn↑ Zn↓ B↑ Mn↑ Zn↓	Bould (1970) Robinson (1986)
9	P↓ K↓ P↓ K↓	Mn↑ Zn↓ Fe↓ Mn↑ Zn↓	Bould (1970) Robinson (1986)
10	P↓ K↓ Mg↓ N↑ P↓ K↓ Mg↓	Mn↑ Zn↓ B↑ Fe↓ Mn↑ Zn↓	Bould (1970) Robinson (1986)
11	P↓ K↓ Mg↓ N↑ P↓ Mg↓	Mn↑ Zn↓ B↓ Fe↓ Mn↑ Zn↓	Bould (1970) Robinson (1986)
12	N↓ P↓ K↓ Mg↓ P↓ K↓ Mg↓	Mn↑ Zn↓ Fe↓ Mn↑ Zn↓	Bould (1970) Robinson (1986)
13	P↓ K↓ Mg↓ N↑ P↓ K↓	Mn↑ Zn↓ Fe↓ Mn↑ Zn↓	Bould (1970) Robinson (1986)
14	P↓ K↓ N↑ P↓ K↓	Mn↑ Zn↓ B↑ Fe↓ Mn↑ Zn↓	Bould (1970) Robinson (1986)
15	P↓ K↓ Mg↓ N↑ P↓	Mn↑ Zn↓ Fe↓ Mn↑ Zn↓	Bould (1970) Robinson (1986)
16	N↓ P↓ K↓ Mg↓ P↓ K↓	Mn↑ Zn↓ Fe↓ Mn↑ Zn↓	Bould (1970) Robinson (1982)
17	N↓ P↓ K↓ Mg↓ P↓ K↓	Mn↑ Zn↓ B↑ Fe↓ Mn↑ Zn↓	Bould (1970) Robinson (1986)

deficientes el N y B de acuerdo con Bould (1970), y el Fe y Cu según Robinson (1986); mientras que el Mn y B, y el N, Mg, y Mn sobrepasan el rango óptimo según las mismas referencias respectivamente.

En relación al diagnóstico por el método DRIS, los cocientes seleccionados para las normas se reportan en el Cuadro 4.17, y el diagnóstico mediante este enfoque para cada uno de los tratamientos evaluados en el Cuadro 4.18.

Cuadro 4.17. Normas usadas para el cálculo de los índices DRIS en manzano var. Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

Expresión Nutrimentos	Norma x	C.V. %	Expresión Nutrimentos	Norma x	C.V. %
P/K	.129	13.26	N/Ca	1.742	13.09
P/Ca	.098	15.01	Fe/Mg	360.389	27.87
P/Mg	.613	27.22	Mn/Mg	607.199	50.45
Fe/P	588.941	12.26	Zn/Mg	47.519	30.88
Mn/P	958.060	39.62	Cu/Mg	27.968	41.34
Zn/P	77.543	21.91	B/Mg	144.567	27.01
Cu/P	47.813	40.07	N/Mg	10.972	24.47
B/P	243.010	27.45	Mn/Fe	1.636	40.39
N/P	18.036	14.98	Fe/Zn	7.782	14.27
Ca/K	1.330	9.39	Cu/Fe	0.081	37.46
K/Mg	4.783	27.08	Fe/B	2.550	24.26
Fe/K	75.761	15.58	Fe/N	32.948	11.36
Mn/K	123.793	40.32	Mn/Zn	12.789	46.15
Zn/K	9.990	23.86	Mn/Cu	25.600	72.63
Cu/K	6.188	45.83	Mn/B	4.245	55.95
K/B	0.034	30.35	Mn/N	52.860	36.25
N/K	2.315	16.05	Cu/Zn	0.627	38.40
Ca/Mg	6.266	21.09	Zn/B	0.334	29.26
Fe/Ca	57.190	15.70	Zn/N	4.300	16.38
Mn/Ca	93.79	40.56	Cu/B	0.212	50.81
Zn/Ca	7.545	24.23	Cu/N	2.681	42.47
Cu/Ca	4.690	47.67	N/B	0.077	21.68
B/Ca	23.213	19.59			

1 Basado en la población con rendimiento > 60 kg/árbol

Cuadro 4. 18. Indices DRIS, orden de requerimiento de los elementos e índices de desbalance nutricional (IDN) en función de 17 tratamientos al suelo. Manzano var. Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila, Ciclo 1988.

	%											Ppm				IDN
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Orden de Requerimientos					
1	-2.62	1.52	-2.39	-1.97	-2.55	6.20	4.06	2.48	-6.84	2.12	Cu > N > Mg > K > Ca > P > B > Zn > Mn > Fe	32.74				
2	-1.60	0.71	-1.69	-0.90	-4.80	6.61	3.90	2.21	-5.14	0.70	Cu > Mg > K > N > Ca > B > P > Zn > Mn > Fe	28.27				
3	0.87	2.87	1.65	-1.46	2.82	0.56	-2.32	5.60	-8.59	3.64	Cu > Mg > Mn > Ca > Fe > N > K > P > B > Zn	30.41				
4	5.87	-3.60	-8.51	2.12	-6.00	10.20	-1.19	5.30	-7.79	3.61	K > Cu > Mg > P > Mn > Ca > B > Zn > N > Fe	54.18				
5	-10.86	-1.03	-2.74	3.23	-1.53	4.65	5.29	2.61	3.47	-3.09	N > B > K > Mg > P > Zn > Ca > Cu > Fe > Mn	53.51				
6	-1.99	-2.92	-7.52	-1.33	1.70	13.13	4.66	-4.85	4.83	-5.72	K > B > Zn > P > N > Ca > Mg > Mn > Cu > Fe	48.66				
7	-0.58	2.72	-3.08	-2.64	-1.03	5.57	6.37	-1.37	2.40	-8.37	B > K > Ca > Zn > Mg > N > Cu > P > Fe > Mn	34.15				
8	-6.29	-4.93	-3.50	-2.46	4.93	12.98	-0.64	-2.36	2.65	-0.38	N > P > K > Ca > Zn > Mn > B > Cu > Mg > Fe	41.12				
9	-4.28	1.06	-2.45	1.18	2.21	2.13	-2.39	-0.19	9.21	-6.47	B > N > K > Mn > Zn > P > Ca > Fe > Mg > Cu	31.59				
10	-1.69	0.48	-7.97	-2.87	-6.94	2.32	7.37	5.59	7.47	-3.76	K > Mg > B > Ca > N > P > Fe > Zn > Mn > Cu	46.45				
11	-2.36	2.49	9.27	0.77	-6.34	6.99	-5.51	4.97	2.86	-13.14	B > Mg > Mn > N > Ca > P > Cu > Zn > Fe > K	54.71				
12	-3.73	-0.40	-6.10	2.82	-12.47	13.77	2.87	5.02	3.82	-5.59	Mg > K > B > N > P > Ca > Mn > Cu > Zn > Fe	56.60				
13	1.00	2.28	-4.23	-2.94	-2.14	3.24	-0.75	1.86	6.47	-4.79	B > K > Ca > Mg > Mn > N > Zn > P > Fe > Cu	29.71				
14	-2.40	-1.34	-3.42	-4.54	2.26	4.91	0.83	0.37	6.14	-2.81	Ca > K > B > N > P > Zn > Mn > Mg > Fe > Cu	29.01				
15	0.27	-0.20	5.19	-2.43	-6.10	-0.96	7.90	0.05	7.56	-11.27	B > Mg > Ca > Fe > P > Zn > N > K > Cu > Mn	41.93				
16	-5.44	0.13	-1.54	3.39	2.11	7.11	-6.40	0.25	7.19	-6.79	B > Mn > N > K > P > Zn > Mg > Ca > Fe > Cu	40.37				
17	0.22	0.01	-4.66	-3.53	-3.68	3.32	-4.61	3.32	11.52	-1.91	K > Mn > Mg > Ca > B > P > N > Zn > Fe > Cu	36.78				

Del orden de requerimientos encontrado, se obtuvo la frecuencia y el porcentaje de los cuatro nutrimentos que aparecen como más deficientes, así como de los cuatro que según este enfoque se consideran en exceso o suficiencia relativa. Con esta metodología utilizada por Medina (1987), se encontró que al cuantificar por la suma de los cuatro primeros nutrimentos, el K, Mg, B y N, se presentaron como deficientes en el 82.3, 64.7, 64.7 y 53.0 por ciento de los tratamientos respectivamente (Cuadro 4.19), mientras que al analizar la frecuencia de los cuatro últimos elementos en el orden de requerimientos, se encontró que el Fe, Cu, Mn y Zn, aparecieron respectivamente en un 88.2, 76.5, 52.9 y 47.1 por ciento de los casos (Cuadro 4.20).

Cuadro 4.19. Frecuencia del orden de deficiencias de nutrimentos en manzano Var. Golden Delicious sobre MM111, mediante el uso del DRIS. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

	No. de tratamientos					Porcentaje de tratamientos				
	No. de orden					No. de orden				
	1	2	3	4	SUMA	1	2	3	4	SUMA
N	2	2	1	4	9	11.8	11.8	5.9	23.5	53.0
P	0	1	0	2	3	0.0	5.9	0.0	11.8	17.7
K	4	4	4	2	14	23.5	23.5	23.5	11.8	82.3
Ca	1	0	3	4	8	5.9	0.0	17.6	23.5	47.0
Mg	1	5	3	2	11	5.9	29.4	17.6	11.8	64.7
Fe	0	0	0	1	1	0.0	0.0	0.0	5.9	5.9
Mn	0	2	2	1	5	0.0	11.8	11.8	5.9	29.5
Cu	3	1	0	0	4	17.6	5.9	0.0	0.0	23.5
Zn	0	0	1	1	2	0.0	0.0	5.9	5.9	11.8
B	6	2	3	0	11	35.3	11.8	17.6	0.0	64.7

SUMA 17 17 17 17 68

Orden de deficiencias K>Mg>=B>N

Cuadro 4.20. Frecuencia del orden de excesos de nutrimentos en manzano var. Golden Delicious/MM111, mediante el uso del DRIS. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

	No. de tratamientos					Porcentaje de tratamientos				
	No. de orden					No. de orden				
	1	2	3	4	SUMA	1	2	3	4	SUMA
N	0	1	0	2	3	0.0	5.9	0.0	11.8	17.6
P	0	0	3	1	4	0.0	0.0	17.6	5.9	23.5
K	1	0	1	1	3	5.9	0.0	5.9	5.9	17.6
Ca	0	0	1	2	3	0.0	0.0	5.9	11.8	17.6
Mg	0	2	1	2	5	0.0	11.8	5.9	11.8	29.4
Fe	6	7	1	1	15	35.3	41.2	5.9	5.9	88.2
Mn	3	3	1	2	9	17.6	17.6	5.9	11.8	52.9
Cu	6	2	3	2	13	35.3	11.8	17.6	11.8	76.5
Zn	1	1	6	0	8	5.9	5.9	35.3	0.0	47.1
B	0	1	0	3	4	0.0	5.9	0.0	17.6	23.5

SUMA 17 17 17 17

Orden de excesos: Fe>Cu>Mn>Zn

Al comparar el diagnóstico según ambos enfoques, se encontró que tanto el rango óptimo (Bould, 1970; Robinson, 1986) como el DRIS detectaron la deficiencia de K y Mg; DRIS y rango óptimo según la interpretación de Bould (1970), coinciden en los cuatro elementos que el orden de requerimientos señala como más deficientes, y que son el K, Mg, B, y N; sin embargo, el DRIS no detectó la deficiencia de P y Zn, los cuales aparecen como deficientes en casi la totalidad de las muestras según ambos criterios de interpretación de los rangos óptimos (Cuadro 4.21).

Con respecto a los elementos que se encuentran en exceso o suficiencia relativa, se observó que ambos enfoques coinciden en señalar al manganeso como el nutrimento que se encuentra en esta situación. También el boro según Bould

(1970), y el nitrógeno y magnesio según Robinson (1986), están en niveles superiores al óptimo, mientras que el DRIS detecta que el hierro, cobre y zinc, también se encuentran en una condición de suficiencia relativa o exceso (Cuadro 4.21).

Cuadro 4.21. Porcentaje de tratamientos con nutrimentos deficientes o en suficiencia relativa, según dos enfoques de diagnóstico nutricional. Manzano Golden Delicious sobre patrón MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

	Nutrimentos Deficientes			Nutrimentos en Exceso		
	Rango Optimo %		DRIS	Rango Optimo %		DRIS
	(1)	(2)	%	(1)	(2)	%
N	29.4	0.0	53.0	0.0	64.7	17.6
P	100.0	94.1	17.7	0.0	0.0	23.5
K	100.0	88.2	82.3	0.0	0.0	17.6
Ca	0.0	0.0	47.0	0.0	0.0	17.6
Mg	82.4	29.4	64.7	0.0	5.9	29.4
Fe	0.0	88.4	5.9	0.0	0.0	88.2
Mn	0.0	0.0	29.5	100.0	100.0	52.9
Zn	100.0	100.0	23.5	0.0	0.0	76.5
Cu	0.0	23.5	11.8	0.0	0.0	47.1
B	5.9	0.0	64.7	52.9	0.0	23.5

(1): Bould (1970)z

(2): Robinson (1986)

Aunque ya se ha señalado que el análisis foliar es el mejor método para el diagnóstico nutricional en frutales (Kenworthy, 1973), se debe enfatizar que no existen valores de referencia para la Sierra de Arteaga, Coahuila, y que por lo tanto, un diagnóstico para una muestra en particular bajo estas condiciones sería algo especulativo, por lo cual es recomendable complementar el análisis foliar con algunas de las técnicas que enumera Smith (1986) para este propósito,

como son el análisis de suelos, y los experimentos de campo e invernadero, para así establecer el nivel de correlación que existe entre la concentración de nutrimentos en el suelo y/o el follaje y el crecimiento y producción del árbol, y en base a esto corroborar el diagnóstico nutricional llevado a cabo. Por este motivo, se determinó que en este apartado referente al diagnóstico nutricional, no se discutirán los factores genéticos, ambientales o de manejo, que promueven las deficiencias o excesos de los nutrimentos ya diagnosticados, lo cual se llevará a cabo cuando se discutan los resultados del análisis de correlación entre la concentración de nutrimentos en el follaje y en el suelo, y los índices de crecimiento y producción de los árboles.

## Indices de Crecimiento de los Arboles

### Incremento en Area de la Sección Transversal del Tronco

En el Cuadro 4.22, se reporta el área de la sección transversal del tronco (ASTT) promedio al inicio de cada ciclo de evaluación así como el ASTT al final del ciclo 1988, en base a estos datos, se obtuvieron los valores del incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT) para cada período de observación.

Cuadro 4.22. Area de la sección transversal del tronco (ASTT) al inicio de cada ciclo de evaluación y al final de 1988. Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1986, 1987 y 1988.

	N	P	A	ASTT (cm <sup>2</sup> /árbol)			
				g/árbol	1986	1987	1988
1	400	160	4	35.39	39.71	46.06	50.68
2	400	160	8	33.86	38.36	44.80	49.45
3	400	240	4	36.36	44.48	52.34	57.02
4	400	240	8	40.86	44.79	52.65	59.23
5	600	160	4	36.00	42.33	49.45	52.34
6	600	160	8	37.26	42.10	49.24	53.90
7	600	240	4	34.45	43.92	50.31	54.44
8	600	240	8	40.54	44.21	54.19	59.74
9	200	160	4	31.69	35.14	40.81	44.60
10	800	240	8	35.52	42.96	49.73	53.43
11	400	80	4	35.02	40.37	46.29	50.52
12	600	320	8	35.35	38.94	46.10	50.25
13	400	160	0	36.63	40.37	47.12	50.28
14	600	240	12	40.93	45.31	54.28	59.95
15	600	240	8	33.71	40.39	48.35	51.95
16	600	240	8	36.18	42.76	49.22	54.41
17	0	0	0	39.96	43.87	50.53	53.32
Media general				36.45	41.76	48.91	53.26
Media + desviación std.				39.14	44.51	52.42	57.33
1 ASTT al final de 1988							

En el análisis de varianza para las observaciones del ASTT al inicio de cada ciclo, se pudo observar que la única fuente de variación que presentó significancia fue la atribuida a los bloques (Cuadro 4.23), lo cual justifica la utilización del diseño ya que el ASTT inicial fue tomado como un criterio de selección de las unidades experimentales y también del bloqueo.

Cuadro 4.23. Cuadrado medio del error (CME), F calculada (Fc), y coeficientes de variación (C.V.) en el análisis estadístico para la variable área de la sección transversal del tronco (ASTT) al inicio de cada ciclo de evaluación. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila.

ASTT	CME	F calculada			C.V. (%)
		Bloques	Tratamientos	Contraste	
1986	23.53	5.52**	1.21 <sup>ns</sup>	2.21 <sup>ns</sup>	13.3
1987	44.41	4.07**	0.77 <sup>ns</sup>	0.85 <sup>ns</sup>	15.9
1988	68.53	3.52**	0.76 <sup>ns</sup>	0.33 <sup>ns</sup>	16.9

Con respecto al incremento en área de la sección transversal del tronco que es la variable de interés, se analizaron los incrementos tanto en función del período de observación (1986, 1987 y 1988) como de la posible respuesta en relación a la condición de producción del huerto; de esta manera se analizó el incremento de 1986+1987 donde el nivel de producción de fruto fue muy similar, y por otra parte, el período 1987+1988 se estableció según el criterio seguido por Ruíz (1986), según el cual en especies perennes como el manzano, es difícil encontrar respuesta a la aplicación de insumos en los primeros ciclos de estudio, esto concuerda con

los reportado por Titus y Kang (1982), quienes indican que en el caso del nitrógeno, la cantidad absorbida por el árbol puede ser pequeña comparada con la cantidad total que ya se encuentra dentro del árbol.

El análisis de varianza no detectó diferencia significativa entre tratamientos para los ciclos 1986 (González, 1989), 1987, y 1988, ni tampoco en el incremento en área acumulado de 1986 a 1987, de 1987 a 1988, ni en el incremento acumulado durante los tres ciclos de observación (Cuadro 4.24). También se observó que al comparar el testigo contra el resto de los tratamientos en la prueba de contrastes ortogonales, se encontró significancia solo en el incremento en área de la sección transversal del tronco durante el ciclo 1988.

Cuadro 4.24. Cuadrado medio del error (CME), F calculada (Fc), y coeficientes de variación (C.V.) en el análisis estadístico para la variable incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT). Manzano Golden Delicious sobre patrón MM111. Los Lirios, Coahuila.

	IASTT por ciclo					
	1986	1987	1988	86+87	87+88	86-88
CME	7.62	5.16	4.65	17.90	11.56	27.41
Fc Bloques	1.93 <sup>ns</sup>	2.11 <sup>ns</sup>	2.11 <sup>ns</sup>	0.91 <sup>ns</sup>	0.83 <sup>ns</sup>	1.48 <sup>ns</sup>
Fc Trat.	1.36 <sup>ns</sup>	0.91 <sup>ns</sup>	0.99 <sup>ns</sup>	0.89 <sup>ns</sup>	1.16 <sup>ns</sup>	0.80 <sup>ns</sup>
Fc Contraste	0.48 <sup>ns</sup>	0.33 <sup>ns</sup>	5.49 <sup>**</sup>	0.83 <sup>ns</sup>	2.83 <sup>ns</sup>	2.20 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	50.94	32.03	50.82	34.00	29.92	31.35

ns valor de F no significativo

\*\* valor de F altamente significativo

En el análisis factorial reportado en el Cuadro 4.25, se observa significancia para la aplicación del acolchado y para la interacción entre esta práctica y la fertilización con fósforo en el primer ciclo de evaluación (González 1989). En 1987 el fósforo fue el único efecto factorial significativo, mientras que en 1988 se encontró significancia únicamente para la aplicación del acolchado. Al analizar el incremento en área de la sección transversal del tronco acumulado durante los dos primeros ciclos, durante los dos últimos, y el acumulado durante los tres años de evaluación, se observó que el fósforo fue el único efecto factorial significativo.

No se obtuvo diferencia estadística al comparar los valores de la parte factorial de la matriz con las prolongaciones de la misma para ninguno de los factores estudiados (Cuadro 4.25).

Al comparar las dosis de fósforo dentro del factorial  $2^3$  (160 y 240 g/árbol), se observó en todos los períodos de evaluación una respuesta positiva para la aplicación de este elemento (Cuadro 4.26), aún en el ciclo 1986 donde interactuó negativamente con el acolchado, y en 1988 donde la aplicación de rastrojo fue el único efecto factorial significativo.

Cuadro 4.25. Efectos factoriales medios (EFM) y diferencia de medias en el análisis factorial para la variable incrementado en área de la sección transversal del tronco (IASTT). Manzano Var. Golden Delicious/MMIII. Los Lirios, Coahuila. Ciclos 1986, 1987 y 1988.

N g/árbol	P A	Notación A yates	IASTT <sup>1</sup>		1986		IASTT		1987		IASTT		1988		IASTT		1986 + 87		IASTT		87 + 88		IASTT 86 + 88		
			$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM	
1	400	160	4	4.323	5.705	6.354	7.336	4.619	4.719	10.68	13.026	10.975	12.057	15.296	17.761										
2	400	160	8	4.500	-2.492*	6.447	0.594	4.647	1.282*	10.95	-1.930	11.094	1.876	15.594	-0.617										
3	400	240	4	8.115	0.968	7.863	1.586*	4.677	1.034	15.98	2.523*	12.54	2.617*	20.655	3.588*										
4	400	240	8	3.930	-2.285*	7.855	0.988	6.586	0.381	11.78	-1.327	14.441	0.479	18.371	-0.916										
5	600	160	4	6.327	0.976	7.127	0.413	2.885	-0.825	13.45	1.296	10.012	-0.437	16.339	0.563										
6	600	160	8	5.735	-0.489	6.245	0.551	4.660	0.314	11.98	-0.031	10.905	0.865	16.64	0.376										
7	600	240	4	9.040	-0.644	6.814	0.128	4.133	0.035	15.85	-0.608	10.947	0.164	19.987	-0.48										
8	600	240	8	3.670	-0.104	9.986	1.04	5.550	-0.559	13.66	0.841	15.536	0.479	19.206	0.375										
					1.739		1.345		1.278		2.511		2.014		3.101										
9	200	160	4	3.455	5.668	5.668	5.668	3.790	3.790	9.12	9.12	9.46	9.46	12.913	12.913										
10	800	240	8	7.440	6.772	6.772	6.772	3.700	3.700	14.21	14.21	10.472	10.472	17.912	17.912										
11	400	80	4	5.348	5.919	5.919	5.919	4.230	4.230	11.27	11.27	10.150	10.150	15.497	15.497										
12	600	320	8	3.588	7.162	7.162	7.162	4.153	4.153	10.75	10.75	11.317	11.317	14.903	14.903										
13	400	160	0	3.735	6.748	6.748	6.748	3.164	3.164	10.48	10.48	9.913	9.913	13.647	13.647										
14	600	240	12	4.378	8.969	8.969	8.969	5.668	5.668	13.35	13.35	14.638	14.638	19.015	19.015										
15	600	240	8	6.680	7.959	7.959	7.959	3.607	3.607	14.64	14.64	11.568	11.568	18.246	18.246										
16	600	240	8	6.438	6.465	6.465	6.465	5.187	5.187	12.90	12.90	11.652	11.652	18.09	18.09										
				3.125	2.549	2.549	2.549	2.420	2.420	4.76	4.76	3.815	3.815	5.874	5.874										
17	0	0	0	3.90	6.657	6.657	6.657	2.795	2.795	10.56	10.56	9.455	9.455	13.36	13.36										
Media general				5.33	7.118	7.118	7.118	4.356	4.356	12.45	12.45	11.475	11.475	16.804	16.804										

\* Efecto factorial significativo

1 IASTT en cm<sup>2</sup>/árbol

Cuadro 4.26. Incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT) asociado con la aplicación de dos niveles de fósforo al suelo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios Coahuila. Ciclo 1986, 1987 y 1988.

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> g/árbol	IASTT cm <sup>2</sup> /árbol					
	1986	1987	1988	86+87	87+88	86-88
160	5.22	6.54	4.20	11.76	10.74	15.96
240	6.19	8.13	5.24	14.32	13.37	19.56

En las Figuras 4.7 y 4.8, se aprecia el comportamiento de esta variable en relación con la aplicación de las cuatro dosis de fósforo; en la primera figura, se observa que en el ciclo 1986 el comportamiento del IASTT en relación a la fertilización fosfatada fue muy azaroso, si bien fue positivo su efecto factorial, su interacción con el nitrógeno y el acolchado (NP, AP y NPA) fue negativa (Cuadro 4.25), lo cual indujo una respuesta como la mostrada en la Figura 4.7 donde a niveles de 400 g de nitrógeno y cuatro kg de rastrojo, el mayor IASTT (8.12 cm<sup>2</sup>) se obtuvo con una dosis de 240 g de fósforo, no así al interactuar con niveles de 600 g de nitrógeno y ocho kg de rastrojo, donde la aplicación de este elemento redujo los valores para esta característica aún por debajo del testigo, el cual mostró un incremento de 3.9 cm<sup>2</sup> por árbol.

La descripción de tendencias para el incremento en área de la sección transversal del tronco durante 1987, indicó un claro efecto de la fertilización fosfatada sobre

esta característica; si bien el ASTT se incrementó en función de la dosis de fósforo a niveles de 400 g de nitrógeno y cuatro kg de rastrojo, la mayor respuesta se obtuvo con 240 g de fósforo combinados con 600 g de nitrógeno y ocho kg de rastrojo, con la cual se registró un incremento de 9.986 cm<sup>2</sup>, 4.067 cm<sup>2</sup> más que el área obtenida con la dosis de 80 g de fósforo, y 3.329 cm<sup>2</sup> mayor que el incremento registrado con el testigo (Figura 4.7).

En el ciclo 1988, la magnitud de la respuesta a fósforo fue muy inferior a la obtenida en 1987 aunque proporcionalmente similar; la tendencia observada indicó que nuevamente la máxima respuesta se obtuvo con una dosis de 240 g/árbol. Cabe destacar, que la aplicación del fósforo presentó un efecto factorial medio de 1.034 (casi significativo), superado solamente por el efecto del acolchado el cual fue el único factor que presentó significancia (EMS = 1.278, Cuadro 4.25 y Figura 4.7).

En el período 86+87 se observó que al incrementarse la dosis de fósforo de 160 a 240 g/árbol, el área transversal del tronco aumentó independientemente del nivel de nitrógeno y acolchado, sin embargo la mejor respuesta se obtuvo con 240 g/árbol de fósforo combinados con 400 g de nitrógeno y cuatro kg de rastrojo (Figura 4.8).

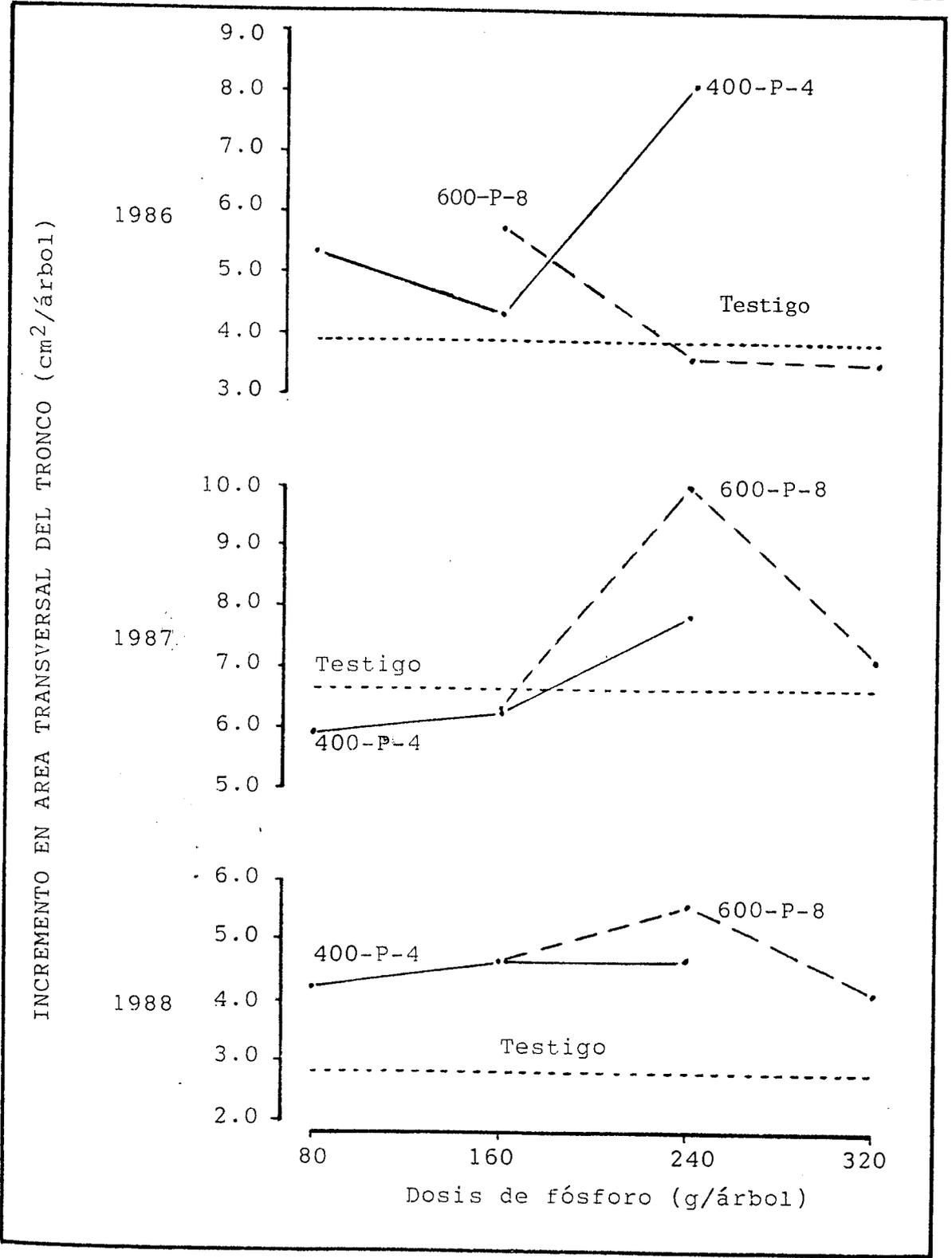


Figura 4. 7. Incremento en área de la sección transversal del tronco en función de cuatro dosis de fósforo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1986, 1987 y 1988.

Incremento en área transversal del tronco  
acumulado ( $\text{cm}^2/\text{árbol}$ )

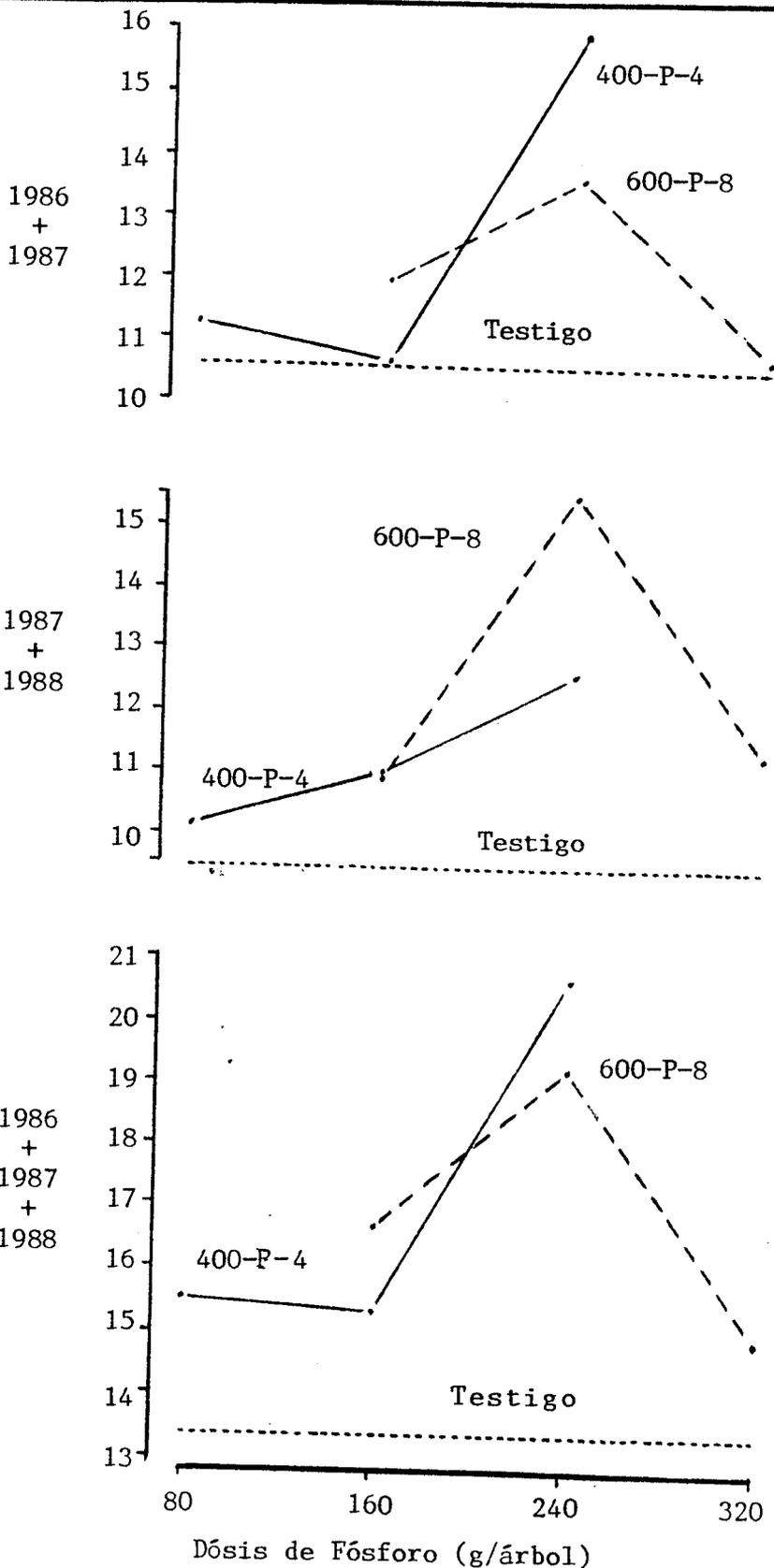


Figura 4.8. Incremento en área de la sección transversal del tronco en función de cuatro dosis de fósforo. Manzano Golden Delicious/MM 111. Los Lirios, Coahuila. Ciclos 1986 + 1987, 1987 + 1988 y 1986 + 1987 + 1988.

La mejor tendencia para la aplicación del fósforo se obtuvo en el incremento acumulado de 1987 a 1988, donde fue evidente la interacción positiva con el nitrógeno y el acolchado la cual ya fue reportada en el Cuadro 4.25. En general, se observó que el área transversal del tronco se incrementó en función de la dosis de fósforo hasta un nivel de 240 g/árbol, esta dosis mostró un IASTT de 15.54 cm<sup>2</sup>, 5.39 cm<sup>2</sup> más que la dosis de 80 g/árbol, y 6.08 cm<sup>2</sup> mayor que el testigo, lo cual representó porcentajes de incremento de 53.10 y 64.32 por ciento respectivamente.

El crecimiento total del tronco registrado durante los tres ciclos, mostró una respuesta favorable a la fertilización fosfatada hasta una dosis de 240 g/árbol, sin embargo el máximo IASTT se observó cuando ésta se combinó con 400 g de nitrógeno y cuatro kg de rastrojo. Cabe aclarar que en esta interacción negativa con nitrógeno y acolchado (Cuadro 4.25), influyeron drásticamente los resultados del ciclo 1986, donde existió efecto factorial negativo para la interacción AP y NP: Destaca el hecho de que todos los tratamientos presentaron un IASTT superior al testigo y además, que el tratamiento 400-240-4 de NPA tuvo un incremento 46.43 por ciento superior al testigo. El porcentaje de incremento en relación al ASTT inicial fue de 46.21 por ciento en promedio para las dosis de fósforo, mientras que el porcentaje de incremento para el testigo fue solamente de un 33.43 por ciento (Figura 4.8).

La aplicación de nitrógeno tendió a incrementar ligeramente el área transversal del tronco durante los ciclos 1986 y 1987, las mayores respuestas se obtuvieron con 800 y 600 g/árbol respectivamente. En 1988 se obtuvo una respuesta negativa para la aplicación de este elemento lo cual fue más evidente a niveles altos de fósforo y acolchado (Figura 4.9).

Al observar el crecimiento del tronco acumulado durante los dos primeros ciclos (86 y 87), se pudo apreciar que la fertilización nitrogenada incrementó notablemente el área de la sección transversal del tronco; la máxima diferencia atribuida a la aplicación de este elemento fue de 3.99 cm<sup>2</sup>, registrada entre la dosis de 200 y 800 g/árbol. Durante el período 87-88 y a niveles bajos de fósforo y acolchado, se obtuvo una respuesta positiva hasta un nivel de 400 g de nitrógeno, mientras que a niveles de 240-8 de fósforo y acolchado, la máxima respuesta a la aplicación de este elemento se ubicó en 600 g/árbol.

En el comportamiento general de esta variable durante los tres ciclos evaluados, se observó un mayor IASTT en función de la dosis de nitrógeno hasta un nivel de 600 g/árbol, y que además, la mayor respuesta se obtuvo con una combinación de 600 g de nitrógeno, 240 g de fósforo, y ocho kg de rastrojo, dicha respuesta representó un incremento 5.1 cm<sup>2</sup> mayor que el testigo, y 6.99 cm<sup>2</sup> con respecto a la dosis de 200 g de nitrógeno (Figura 4.10).

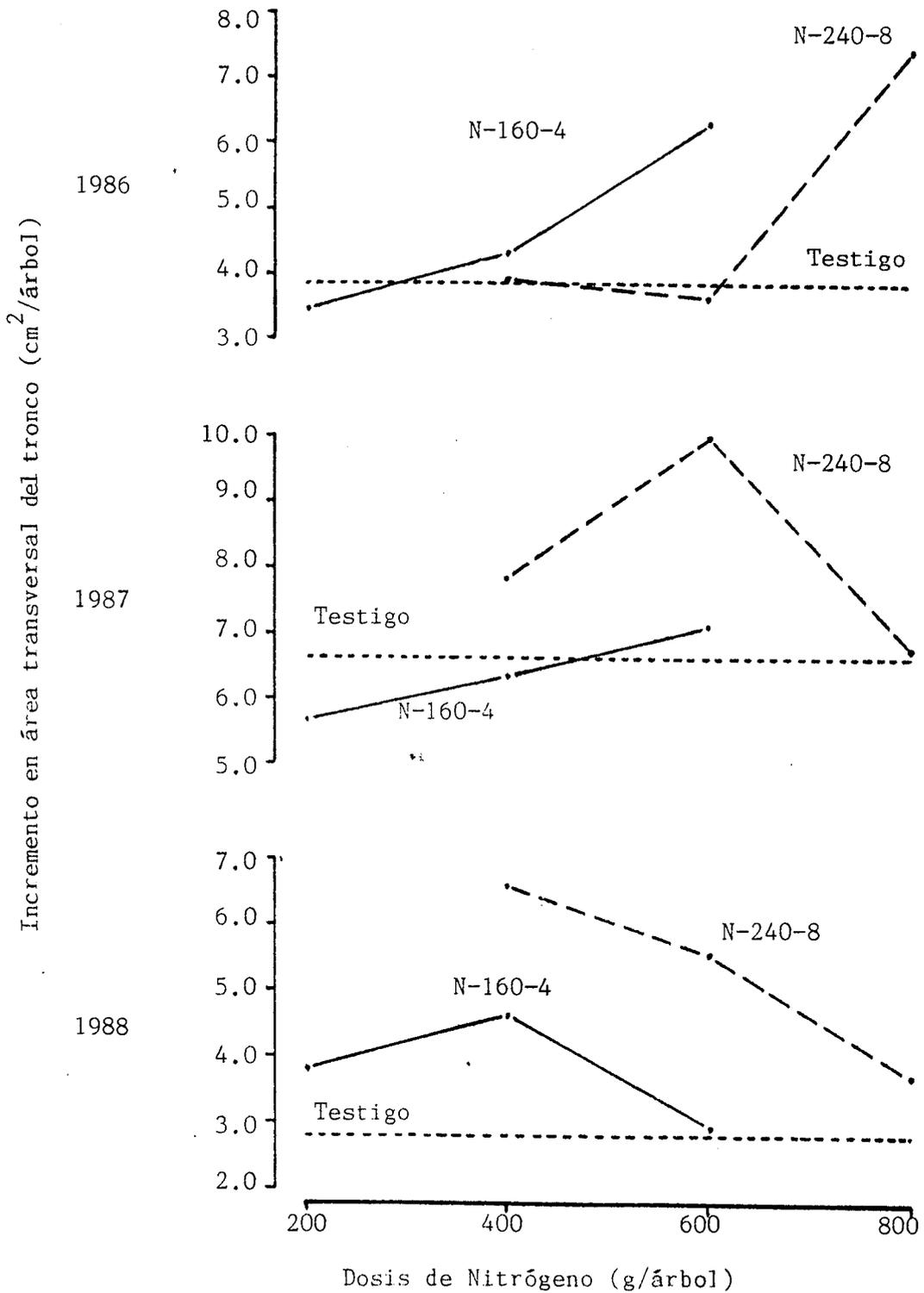


Figura 4.9. Incremento en área de la sección transversal del tronco en función de cuatro dosis de nitrógeno. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1986, 1987 y 1988.

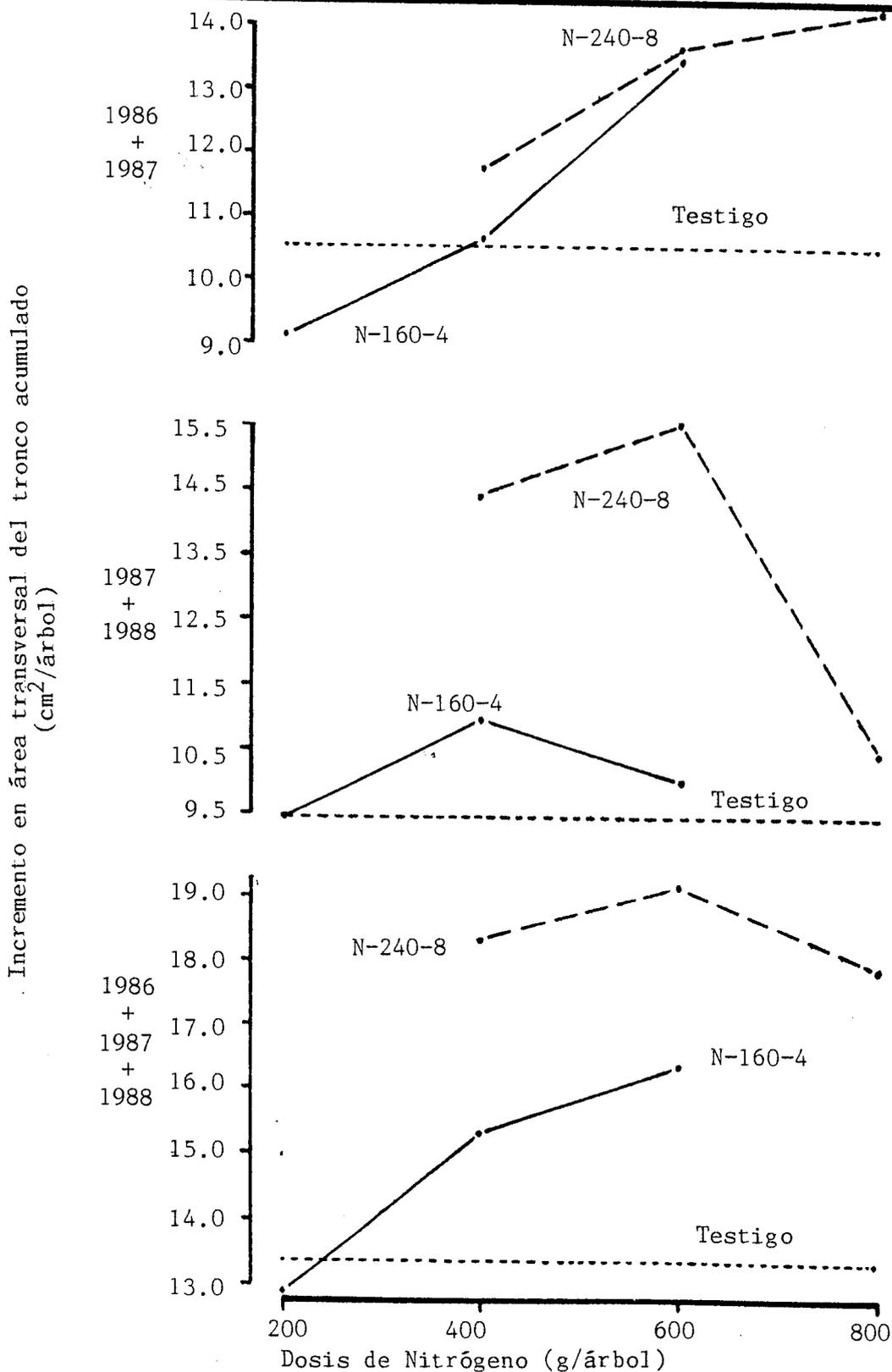


Figura 4.10. Incremento en área de la sección transversal del tronco en función de cuatro dosis de nitrógeno. Manzano Golden Delicious/MM111, Los Lirios, Coahuila. Ciclos 1986+1987, 1987+1988, y 1986-1988.

Con respecto al uso de acolchado, la interpretación de la interacción negativa entre esta práctica y la aplicación del fósforo en 1986, nos indica que el uso de rastrojo promovió un efecto negativo a un nivel de 240 g de fósforo, y que este nutrimento aún cuando incrementa el ASTT, su mayor respuesta se ubicó a una dosis de cuatro kg de rastrojo, además, el efecto detrimental que presentó la dosis de ocho kg de rastrojo también se debió a su interacción negativa con la aplicación de N (Cuadro 4.25 y Figura 4.11).

Para el ciclo 1987, se observó que la aplicación del acolchado presentó una ligera tendencia a incrementar el ASTT, sobre todo al combinarse con 600 g de nitrógeno y 240 g de fósforo (tratamiento ocho), la máxima respuesta se obtuvo con una dosis de ocho kg de rastrojo con la cual se registró un incremento de 9.986 cm<sup>2</sup>, seguido de la dosis de 12 kg la cual presentó un IASTT de 8.969 cm<sup>2</sup> (Figura 4.11).

En 1988 donde el acolchado fue el único factor que presentó significancia, se observó que el ASTT se incrementó en función de la dosis de rastrojo independientemente del nivel de NP, sin embargo los mayores incrementos se obtuvieron con la interacción de 12 kg de rastrojo, 600 g de nitrógeno, y 240 g de fósforo; con esta combinación se observó una área de 5.668 cm<sup>2</sup>, 2.873 cm<sup>2</sup> más que la obtenida con el testigo, lo cual se traduce en un IASTT 102.8 por ciento mayor y que es atribuible al tratamiento 14.

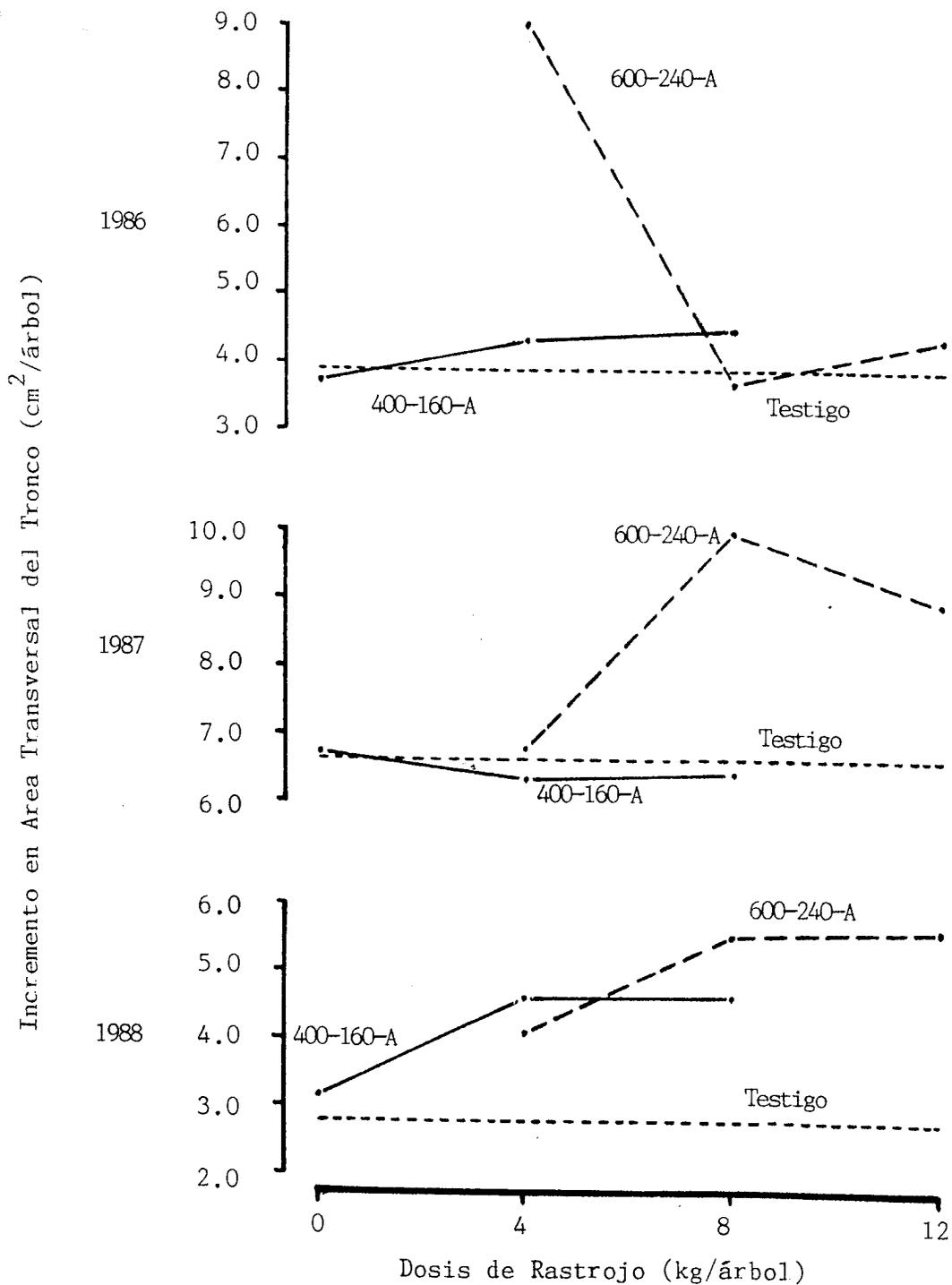


Figura 4.11. Incremento en área de la sección transversal del tronco en función de cuatro dosis de rastrojo como acolchado. Manzano Golden Delicious/MM 111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1986, 1987 y 1988.

En el período 1986+1987 y a niveles bajos de nitrógeno y fósforo, el efecto del acolchado es casi inapreciable, sin embargo al interactuar dosis más elevadas de NP (600 y 240 g/árbol) el IASTT disminuyó en función del nivel de rastrojo aplicado.

Para el ciclo 87+88 donde se elimina el incremento del año 86, se detectó una clara tendencia del acolchado a aumentar el ASTT y una interacción positiva para la aplicación de nitrógeno y fósforo. La máxima respuesta se obtuvo con una dosis de ocho kg/árbol, con la cual se observó un IASTT de 15.536 cm<sup>2</sup>, 64.32 por ciento mayor que el incremento registrado con el testigo (Figura 4.12).

En el IASTT durante los tres ciclos (86-88), se advirtió que a un nivel de 400-160 de NP la aplicación del acolchado influyó favorablemente sobre esta característica, sin embargo al combinarse el rastrojo con dosis mayores de NP, aún cuando se incrementó notablemente el ASTT el efecto atribuible al acolchado fue negativo (Figura 4.12), esta tendencia negativa, es un reflejo del efecto ejercido por el acolchado en el ciclo 1986 donde fue el único factor significativo en el análisis factorial.

En la interpretación de los resultados obtenidos, se debe considerar que esta variable correlacionó con el área de la sección transversal del tronco; para el incremento durante

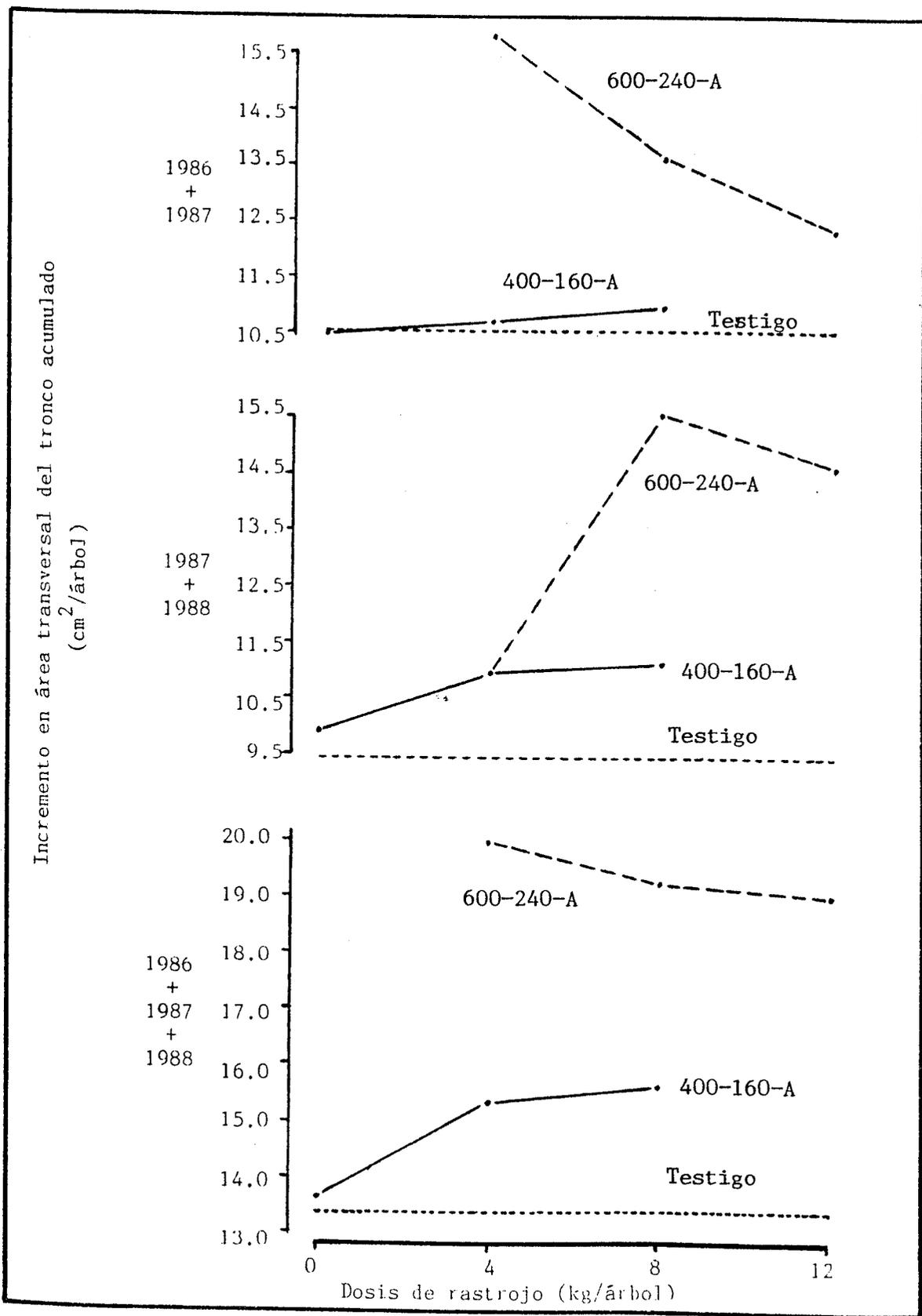


Figura 4.12. Incremento en área de la sección transversal del tronco en función de cuatro dosis de rastrojo como acolchado. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclos 1986 + 1987, 1987 + 1988, y 1986-1988.

1986, González (1989) reportó una correlación positiva y altamente significativa entre estas dos características, mientras que en 1987 y 1988 se encontraron correlaciones de 0.53\*\* y 0.316 entre las variables mencionadas, lo cual explica al menos en parte, porque en los primeros ciclos el testigo presentó mayores incrementos que algunos tratamientos fertilizados y acolchados, ya que dicho tratamiento registró una área que en todos los períodos de evaluación fue superior al valor de la media general (Cuadro 4.22), sin embargo cabe destacar que al inicio del experimento, dicha área se ubicó por encima del valor de la media más la desviación estandar (testigo = 39.96,  $\bar{x}$  = 36.45,  $\bar{x}+s$  = 39.14), y al final de 1988, los valores correspondientes fueron de 53.32, 53.26, y 57.33 cm<sup>2</sup> (testigo,  $\bar{x}$ , y  $\bar{x}+s$  respectivamente).

Considerando el efecto que ejerció el área de la sección transversal del tronco sobre el valor del incremento anual, se realizaron análisis de covarianza para ajustar los datos, sin embargo dado que no se registraron diferencias entre tratamientos para la variable dependiente (IASTT) ni para la variable independiente (ASTT), se ajustaron los datos solo para el análisis de correlación.

Se realizó también una comparación del porcentaje de incremento anual en relación al área transversal del tronco inicial; de esta manera, se observó que prácticamente todos los tratamientos en todos los períodos de evaluación,

presentaron porcentajes de incremento mayores que el testigo, aún el tratamiento nueve que inició y terminó con la menor área transversal del tronco, este tratamiento, en 1988 presentó un incremento de 9.29 por ciento que comparado con el 2.79 por ciento del testigo, representa un porcentaje de incremento 3.33 veces mayor. De igual manera, los 12.91 y 13.36 cm<sup>2</sup> de incremento acumulado durante los tres ciclos por el tratamiento nueve y el testigo, representaron porcentajes de incremento de 40.75 y 33.43 por ciento respectivamente (Cuadros 4.22 y 4.27).

Cuadro 4.27. Porcentajes de incremento en relación al área de la sección transversal del tronco al inicio de cada ciclo de evaluación, y porcentaje de incremento total. Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1986, 1987 y 1988.

	N	P	A	IASTT (%)			
				g/árbol	1986	1987	1988
1	400	160	4	12.21	15.99	10.03	43.22
2	400	160	8	13.29	16.79	10.38	46.05
3	400	240	4	22.33	17.67	8.94	56.81
4	400	240	8	9.62	17.55	12.50	44.96
5	600	160	4	17.58	16.82	5.84	45.39
6	600	160	8	12.99	16.96	9.46	44.66
7	600	240	4	27.49	14.55	8.21	58.02
8	600	240	8	9.05	22.57	10.24	47.38
9	200	160	4	10.89	16.13	9.29	40.75
10	800	240	8	20.94	15.76	7.44	50.43
11	400	80	4	15.28	14.66	9.14	44.25
12	600	320	8	10.15	18.39	9.00	40.91
13	400	160	0	10.21	16.72	6.71	37.26
14	600	240	12	10.70	19.80	10.45	46.46
15	600	240	8	19.82	19.71	7.45	54.13
16	600	240	8	18.19	15.11	10.54	50.00
17	0	0	0	9.78	15.18	2.79	33.43

Para una aproximación más práctica de los incrementos obtenidos, se analizó el rendimiento de 1988 en relación al ASTT en ese ciclo, y se observó que la media general para este índice del vigor del árbol fue de 0.953 kg de fruto por cada  $\text{cm}^2$  de área transversal, lo cual se traduce en un aumento del rendimiento potencial de 16.01 kg/árbol para la media general del incremento en área durante los tres años, sin embargo para algunos tratamientos como el tres y el ocho que tuvieron IASTT de 20.65 y 19.21  $\text{cm}^2$ , los incrementos en el rendimiento potencial que se pudieran atribuir al incremento en área transversal del tronco son de 19.68 y 18.3 kg/árbol respectivamente.

Para el incremento en área registrado durante 1986 y 1987 donde el nivel de producción fue muy similar (3.79 y 3.45 kg/árbol respectivamente), se observó que la media general para esta característica en 1987 fue 33.5 por ciento superior a la obtenida en 1986, esto resulta importante si se consideran los fenómenos que constituyen el desarrollo del árbol según Calderón (1987) y que son el crecimiento vegetativo y la diferenciación; este autor, indica que ambos fenómenos se presentan simultáneamente en los vegetales aún cuando en un momento dado puedan predominar los de un tipo sobre los del otro, y en nuestro caso, donde el rendimiento promedio de los dos primeros ciclos fue solo un 7.1 por ciento del obtenido en 1988, se consideró que el IASTT durante dichos ciclos no ejerció competencia alguna sobre el

desarrollo de frutos, esto asumiendo que los procesos de crecimiento y diferenciación sean antagónicos. Calderón (1987) indica, que en general las condiciones ecológicas y ambientales que favorecen la existencia de uno de ellos son desfavorables para el otro, aún cuando los dos son necesarios en ciertas etapas del desarrollo del árbol. En base a lo anterior, se determinó que al menos en los dos primeros ciclos, el crecimiento óptimo es el de mayor IASTT, ya que no es factible alguna relación de competencia con la producción de frutos. Los tratamientos que presentaron el mayor IASTT (1986+1987) fueron el tres y el siete, donde se combinaron 400-240-4 y 600-240-8 de NP y rastrojo respectivamente.

La importancia de un mayor incremento en área de la sección transversal del tronco, radica en el hecho de que esta característica es un buen indicador del nivel de reservas que ha acumulado el árbol. Al respecto, Goldschmidt y Golomb (1982) señalan que una proporción considerable de la materia seca producida a través del proceso de fotosíntesis, es depositada en la pared celular como celulosa, hemicelulosa y lignina, además de carbohidratos solubles y almidón.

Lo anterior soporta fisiológicamente la correlación entre el ASTT y el IASTT, lo cual explica el porque un tratamiento como el testigo, presentó durante 1986 y 1987 mayores incrementos en área transversal del tronco que algunos árboles fertilizados y acolchados.

En 1988 donde se obtuvo una producción muy superior a la media regional, se observó que la media general para el IASTT fue 38.8 por ciento menor que la registrada en 1987, esto indica que una producción alta inhibe la acumulación de reservas por el árbol, ya que el fruto actúa como una demanda muy fuerte de los compuestos generados en la fotosíntesis. Erf y Proctor (1987) al estudiar el efecto de la carga del árbol sobre la condición hídrica y el crecimiento del manzano, encontraron que los árboles con mayor cantidad de frutos tuvieron un incremento en área transversal del tronco 54 por ciento menor que aquellos que fueron aclareados. De alguna manera coinciden en lo anterior Monseline y Goldschmidt (1982), quienes indican que una gran producción de fruta influye en el agotamiento de las reservas en las estructuras del árbol.

Con respecto al análisis de correlación, se encontró que el IASTT de 1987 correlacionó significativamente con la densidad aparente y con el contenido de humedad en el suelo, las cuales fueron las únicas características físicas determinadas en ese ciclo (Cuadro 4.28).

En 1988, el IASTT correlacionó muy estrechamente con el contenido de humedad del suelo en todas las fechas en que se determinó esta característica, sin embargo los mayores coeficientes se encontraron con el Pw obtenido en el mes de

mayo y con el Pw promedio durante todo el ciclo, cabe aclarar que esta misma característica expresada en forma de potencial hídrico, no correlacionó significativamente con el IASTT. Asimismo, también la temperatura y la resistencia del suelo a la penetración en el estrato 0-10 cm presentaron coeficientes de correlación significativos (Cuadro 4.29).

Cuadro 4.28. Coeficientes de correlación entre el incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT) y algunas características físicas del suelo. Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.

Característica	IASTT 1987	IASTT <sup>1</sup> 1987 ajustado
Densidad aparente	-0.400*	-0.411*
	.100	.090 <sup>2</sup>
Contenido de humedad	0.522*	0.492*
	.026	.038

1 Ajustado por covarianza con el ASTT

2 Nivel de significancia

En la Figura 4.13 se observa el comportamiento del IASTT en relación al contenido de humedad determinado en mayo de 1988, esta fecha se toma como referencia por ser el mes donde se encontró el coeficiente de correlación más alto entre estas variables.

Cuadro 4.29. Coeficientes de correlación entre el incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT) y algunas características físicas del suelo. Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

Características físicas	IASTT 1988 r	IASTT 1988 ajustado r
Contenido de humedad:		
Octubre 1987	0.473** .045	0.413* .088
Abril 1988	0.610*** .007	0.632*** .004
Mayo 1988	0.734*** .000	0.742*** .000
Septiembre 1988	0.472** .048	0.456* .056
Promedio 1988	0.706*** .001	0.709*** .000
Temperatura	-0.756*** .000	-0.734*** .000
Da	0.114 1.0	0.170 1.0
Resistencia a la penetración:		
0-10 cm	-0.403* .097	-0.295 .235
10-20 cm	-0.133 1.0	-0.174 1.0
20-30 cm	0.117 1.0	0.124 1.0
0-30 cm	-0.060 1.0	-0.051 1.0

1 Ajustado por covarianza con el ASTT

2 Nivel de significancia

Al correlacionar el IASTT medido en 1987 con las características químicas del suelo determinadas en ese ciclo, no se encontró ninguna correlación significativa entre estas variables, los coeficientes más altos se encontraron con el nitrógeno total y el magnesio intercambiable. Sin embargo al correlacionar las mismas características del suelo con el

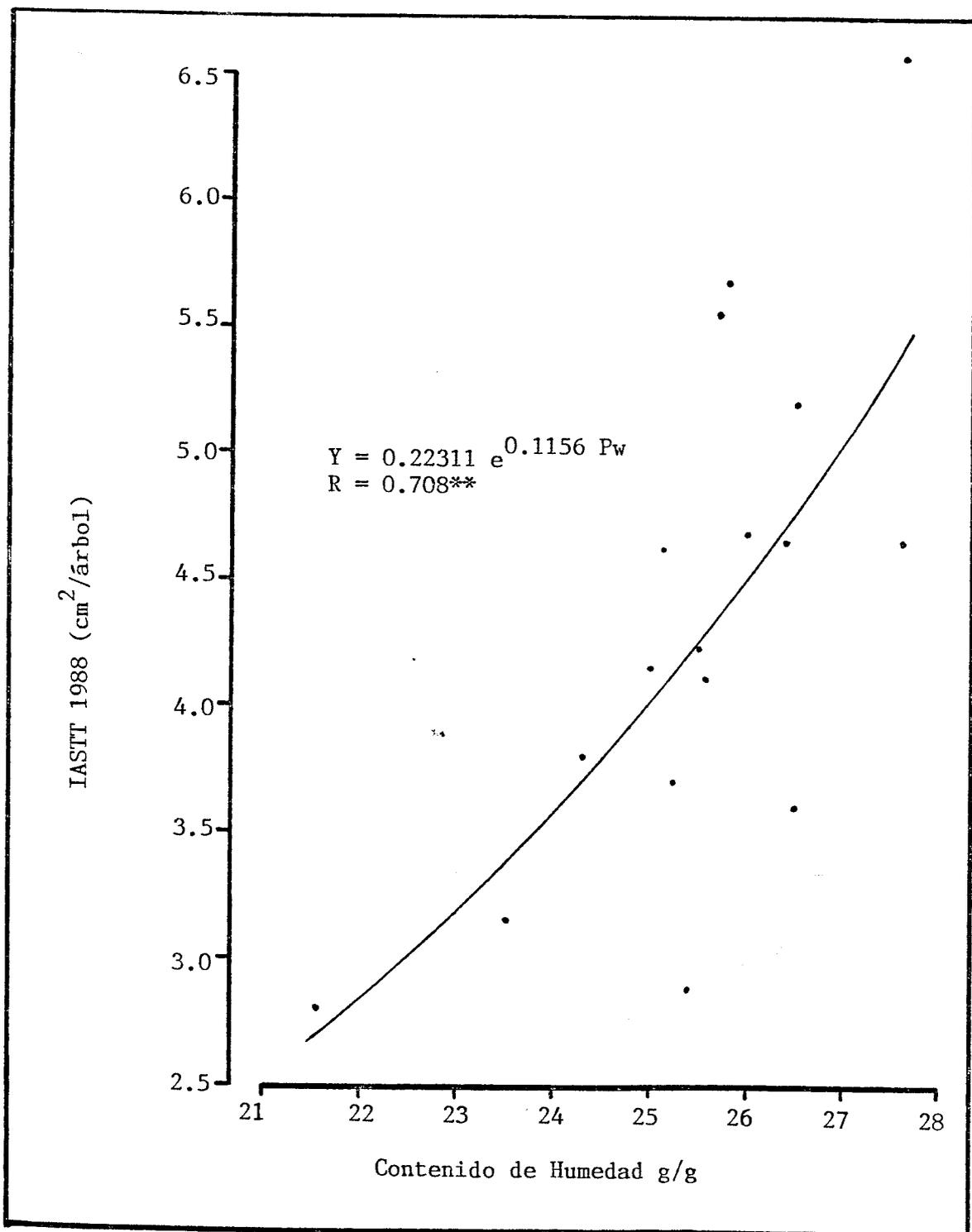


Figura 4.13. Incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT) en función del contenido gravimétrico de humedad del suelo en el mes de mayo. Manzano Golden Delicious/MM 111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

IASTT ajustado por covarianza con el ASTT inicial, se observó una correlación significativa con el contenido de materia orgánica, en tanto que el valor de los coeficientes para la correlación con nitrógeno total y magnesio intercambiable se incrementaron (Cuadro 4.30).

Cuadro 4.30. Coeficientes de correlación entre el incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT) y las características químicas del suelo. Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.

Característica del suelo	IASTT 1987 r	IASTT ajustado <sup>1</sup> r
pH	-0.020	0.081
C.E.	-0.070	-0.094
Carbonatos	0.077	0.114
Materia Orgánica	0.183	0.429*
C.I.C.	-0.179	-0.194
Nitrógeno total	0.343	0.393
Fósforo aprovechable	0.202	0.276
Potasio asimilable	0.112	0.152
Potasio soluble	0.166	0.215
Potasio intercambiable	-0.025	0.016
Calcio soluble	-0.054	-0.067
Calcio intercambiable	-0.259	-0.327
Magnesio soluble	0.008	-0.019
Magnesio intercambiable	0.308	0.345
Fierro	0.198	0.146
Manganeso	-0.057	0.241
Cobre	-0.199	-0.191
Zinc	-0.028	0.056
Boro	-0.235	-0.283

1 Ajustado por covarianza con el ASTT  
r Coeficiente de correlación

En el Cuadro 4.31 se reportan los coeficientes de correlación entre el IASTT y los potenciales catiónicos del suelo, y se observa que ninguna correlación resultó

significativa, solo se detectó que el mayor coeficiente se encontró con el potencial potasico-cálcico (pK-0.5pCa).

Cuadro 4.31. Coeficientes de correlación entre el incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT) y los potenciales catiónicos del suelo. Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.

Potenciales catiónicos 1987	IASTT 1987 r	IASTT 1987 ajustado <sup>1</sup> r
pK	-0.185	-0.275
pCa	0.050	0.035
pMg	0.059	0.005
pK-0.5pCa	-0.263	-0.359
pK-0.5pMg	-0.235	-0.291
pK-0.5p(Ca+Mg)	-0.221	-0.257

<sup>1</sup> Ajustado por covarianza con el ASTT  
r Coeficiente de correlación

Al establecer el nivel de asociación entre la concentración foliar de nutrimentos y el IASTT, se observó que el zinc fue el único elemento que presentó una correlación significativa con esta variable ( $r = 0.567^{**}$ ), sin embargo al correlacionar la concentración foliar con el IASTT ajustado por covarianza, se encontró que además del zinc, la concentración foliar de potasio también presentó un coeficiente de correlación significativo (Cuadro 4.32).

Antes de presentar el análisis de correlación para el IASTT durante 1988, se debe recordar que esta variable correlacionó con el área de la sección transversal del tronco al inicio de cada estación de crecimiento, y se asume que esta correlación entre las dos variables es recíproca, es

decir, aunque el IASTT es mayor a medida que el ASTT inicial es más grande, también el ASTT al final del ciclo tenderá a ser mayor mientras más grande sea el IASTT durante la estación de crecimiento.

Cuadro 4.32. Coeficientes de correlación entre el incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT), y la composición foliar del árbol durante la primera quincena de agosto. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.

Concentración foliar 1987	IASTT 1987 r	IASTT 1987 ajustado <sup>1</sup> r
Nitrógeno	0.099	0.204
Fósforo	0.152	0.338
Potasio	0.382	0.430*
Calcio	0.066	0.153
Magnesio	0.103	0.110
Fierro	0.065	0.020
Manganeso	-0.185	-0.005
Cobre	-0.102	-0.161
Zinc	0.567**	0.539**
Boro	0.213	-0.136

<sup>1</sup> Ajustado por covarianza con el ASTT inicial

\*, \*\* Coeficiente de correlación significativo

De lo anterior se deduce, que de alguna manera el IASTT durante un ciclo de crecimiento determinado, esta influenciado por el IASTT observado durante los ciclos anteriores, la asociación tan estrecha entre estas dos características del árbol, da ocasión para intentar diagnosticar la relación que tienen otras características tanto del suelo como del árbol sobre el comportamiento del frutal en ciclos posteriores a su determinación, tal como lo reporta Hudska (1983), el cual encontró que los rendimientos

estuvieron correlacionados con el contenido foliar de potasio en el año anterior y negativamente con la relación N:K. En base a lo anterior se correlacionó el IASTT durante 1988 con las características químicas del suelo en 1987, y se encontró que únicamente el potencial hidrógeno y el contenido de manganeso presentaron coeficientes de correlación significativos (Cuadro 4.33).

Cuadro 4.33. Coeficientes de correlación entre el incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT) en 1988, y las características químicas del suelo en 1987. Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila.

Característica 1987	IASTT 1988 r	IASTT 1988 ajustado r
pH	0.421*	0.398
C.E.	-0.211	-0.225
Carbonatos	0.214	0.247
Materia orgánica	-0.011	0.002
C.I.C.	0.031	0.062
Nitrógeno total	-0.086	-0.110
Fósforo aprovechable	0.138	0.148
Potasio asimilable	0.310	0.351
Potasio soluble	0.295	0.327
Potasio intercambiable	0.306	0.314
Calcio soluble	-0.256	-0.268
Calcio intercambiable	-0.102	-0.090
Magnesio soluble	-0.216	-0.239
Magnesio intercambiable	0.333	0.322
Fierro	0.295	0.279
Manganeso	0.329	0.476**
Cobre	0.056	0.132
Zinc	-0.154	-0.095
Boro	0.056	0.025

1 Ajustado por covarianza con el ASTT inicial

\*, \*\* Coeficiente de correlación significativo

Por otra parte, se encontraron coeficientes de correlación muy altamente significativos entre los

potenciales potasico-cálcico, potasico-magnésico, y potasico-calcico-magnésico en 1987, y el IASTT en 1988 y el IASTT 1988 ajustado por covarianza con el ASTT. Se observó además correlación significativa entre el potencial potásico y el IASTT ajustado (Cuadro 4.34).

Cuadro 4.34. Coeficientes de correlación entre el incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT) en 1988, y los potenciales catiónicos del suelo en 1987. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila.

Potenciales catiónicos 1987	IASTT 1988 r	IASTT 1988 ajustado <sup>1</sup> r
pK	-0.396	-0.445*
	.104	.064 <sup>2</sup>
pCa	0.199	0.207
	1.000	1.000
pMg	0.355	0.307
	.148	.158
pK-0.5pCa	-0.638***	-0.704***
	.004	.001
pK-0.5pMg	-0.665***	-0.711***
	.002	.000
pK-0.5p(Ca+Mg)	-0.655***	-0.697***
	.003	.001

<sup>1</sup> Ajustado por covarianza con el ASTT

<sup>2</sup> Nivel de significancia

Sin embargo esta misma característica del árbol, en 1988 no presentó ninguna correlación significativa con respecto a las características químicas del suelo en ese ciclo, solo el valor del coeficiente para potasio asimilable y el potencial potásico se acercó a la significancia estadística (Cuadros 4.35 y 4.36).

Cuadro 4.35. Coeficientes de correlación entre el incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT), y las características químicas del suelo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

Característica del suelo 1988	IASTT 1988 r	IASTT 1988 ajustado <sup>1</sup> r
pH	0.053	0.043
C.E.	0.065	0.125
Carbonatos	0.020	0.084
Materia orgánica	0.152	0.118
C.I.C.	-0.022	-0.113
Nitrógeno total	-0.305	-0.309
Fósforo aprovechable	0.198	0.155
Potasio asimilable	0.336	0.398
Potasio soluble	0.169	0.177
Potasio intercambiable	0.291	0.280
Calcio soluble	0.052	0.108
Calcio intercambiable	0.170	0.171
Magnesio soluble	0.079	0.127
Magnesio intercambiable	0.102	0.082
Fierro	0.103	0.085
Manganeso	-0.123	-0.103
Cobre	-0.214	-0.174
Zinc	-0.199	-0.151
Boro	0.289	0.327

1 Ajustado por covarianza con el ASTT

Cuadro 4.36. Coeficientes de correlación entre el incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT), y los potenciales catiónicos del suelo. Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

Potenciales catiónicos 1988	IASTT 1988 r	IASTT 1988 ajustado <sup>1</sup> r
pK	-0.264	-0.302
pCa	-0.212	-0.249
pMg	-0.199	-0.244
pK-0.5pCa	-0.256	-0.291
pK-0.5pMg	-0.165	-0.207
pK-0.5p(Ca+Mg)	-0.247	-0.276

1 Ajustado por covarianza con el ASTT

Con respecto a la correlación entre el IASTT durante 1988 y el contenido foliar de nutrimentos en 1987, se observó que la concentración foliar de fósforo correlacionó positiva y significativamente con esta característica, sin embargo también se detectó correlación significativa y negativa con el contenido de manganeso y con la concentración foliar de boro (Cuadro 4.37).

Cuadro 4.37. Coeficientes de correlación entre el incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT) en 1988, y la composición foliar del árbol durante la primera quincena de agosto de 1987. Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila.

Concentración foliar 1987	IASTT 1988 r	IASTT 1988 ajustado <sup>1</sup> r
Nitrógeno	0.205	0.250
Fósforo	0.449*	0.476*
Potasio	0.260	0.170
Calcio	0.259	0.309
Magnesio	0.067	0.075
Fierro	0.287	0.311
Manganeso	-0.576**	-0.498**
Cobre	0.221	0.101
Zinc	0.113	-0.133
Boro	-0.401*	-0.381

<sup>1</sup> Ajustado por covarianza con el ASTT inicial

\*, \*\* Coeficiente de correlación significativo

En el análisis de correlación entre estas mismas variables durante el ciclo 1988, se encontró que solo el contenido foliar de fósforo y de cobre presentaron coeficientes significativos (Cuadro 4.38).

Cuadro 4.38. Coeficientes de correlación entre el incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT), y la composición foliar del árbol durante la primera quincena de agosto. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

Composición foliar 1988	IASTT 1988 r	IASTT 1988 ajustado r
Nitrógeno	0.248	0.117
Fósforo	-0.554**	-0.559**
Potasio	-0.169	-0.159
Calcio	-0.063	-0.057
Magnesio	0.265	0.181
Hierro	0.309	0.237
Manganeso	-0.102	-0.120
Cobre	-0.544**	-0.575**
Zinc	-0.199	-0.288
Boro	0.392	0.264

1 Ajustado por covarianza con el ASTT

En la interpretación global de los resultados para esta característica, se utilizó una combinación de los métodos que enumera Smith (1986) para determinar las necesidades de fertilización en frutales, los cuales arrojaron resultados a simple vista contradictorios algunas veces y complementarios en otras.

Para el análisis de suelos, se encontró que las características físicas seleccionadas se asociaron muy estrechamente con esta variable, destaca sin embargo el efecto que ejerció el contenido de humedad en el suelo, ya que el Pw correlacionó significativamente con el IASTT en todas las fechas en que se determinó esta característica. Ruíz (1989) también reportó una correlación altamente significativa ( $r = 0.678$ ) entre estas variables y la atribuyó

por un lado, a un incremento en el crecimiento de las células debido a una mayor turgencia, y por otro, a una mayor translocación de asimilatos derivada de la correlación positiva entre el incremento en área y la longitud de brotes.

En relación a la condición hídrica del suelo, se ha reportado que un alto potencial hídrico aumenta la tasa relativa de crecimiento del tronco (Goode et al., 1979). Bidwell (1979), reporta evidencias que demuestran que el perímetro de un árbol disminuye durante el día cuando son más altas las tasas de evaporación, lo cual indica que los contenidos de agua están bajo creciente tensión; en contraste, dicho perímetro se incrementa durante la noche cuando la evaporación y la tensión sobre el agua del tronco se reducen.

El por qué una disminución del potencial hídrico reduce el IASTT o viceversa, se explica a través de las observaciones de González (1989), quién cita que la tasa de transpiración desde la superficie de las hojas depende fuertemente del potencial hídrico, el cual afecta la turgencia de las células guardas y de las células epidermales adyacentes, las cuales regulan la apertura y cierre estomatal. Al respecto, Landsberg y Jones (1981) mencionan que al presentarse un déficit de humedad, existe un incremento en la concentración de ácido absícico (ABA) que ocasiona el cierre estomatal, esto afecta la transpiración y

la fotosíntesis que a su vez detienen el crecimiento del árbol. Salisbury y Ross (1978) coinciden en señalar que bajo condiciones de estrés hídrico, la planta inhibe primeramente el crecimiento y si el déficit de humedad es más severo, se afecta la síntesis de proteínas y de pared celular así como los niveles de metabolismo de nitrógeno y la fotosíntesis (González, 1989).

El efecto del contenido de humedad sobre la tasa de fotosíntesis y su relación con el incremento en área de la sección transversal del tronco, también explica la correlación que se encontró entre el IASTT y la longitud de brotes, ya que en manzano, Johnson y Lakso (1985) reportan que la longitud del brote correlaciona estrechamente con el área foliar en este frutal, debe considerarse entonces, que la mayor parte del aparato fotosintético está constituido precisamente por el área foliar del árbol, y es aquí donde adquiere dimensión lo expresado por Priestley (1970), quien indica que los tejidos verdes de las plantas superiores asimilan un exceso de sus propios requerimientos, esto con el fin de nutrir a los tejidos fotosintéticamente inactivos como son los órganos perennes de las especies caducifolias; el mismo autor, infiere que en dichos tejidos se almacenan los asimilatos producidos en exceso, los cuales pueden ser utilizados posteriormente como lo demuestra el hecho de que puede existir algún crecimiento aún en ausencia de condiciones favorables para la fotosíntesis.

La correlación del IASTT en 1988 con el contenido de humedad en octubre de 1987, se puede explicar por las observaciones de Goode y Higgs (1973), quienes indicaron que la depresión del potencial hídrico en árboles sujetos a estrés, indujo un amarillamiento y caída de las hojas basales de vástagos y ramas cortas lo cual promovió la defoliación de los árboles varias semanas antes que los árboles con mejor condición de humedad. Esto indica, que un mayor contenido de humedad al final del ciclo permite que el aparato fotosintético del árbol continúe por más tiempo con la movilización de los compuestos nitrogenados hacia los tejidos leñosos del árbol, donde estarán disponibles para el crecimiento en la estación siguiente.

Con respecto a la temperatura del suelo, se considera que su correlación con el IASTT ( $r = -0.756^{***}$ ) es un efecto indirecto del contenido de humedad registrado en esa fecha, ya que no existen evidencias de que una reducción de la temperatura incremente la tasa de crecimiento en manzano o viceversa, más bien, los reportes en la literatura hablan de un mayor crecimiento y absorción de nutrimentos a medida que la temperatura del suelo se incrementa de 275 a 300 °K (Wiersum, 1980), razón por la cual, la estrecha correlación encontrada entre la temperatura del suelo y el IASTT, se considera como una relación matemática más que fisiológica entre estas características.

Las correlaciones negativas con el valor de la densidad aparente y con la resistencia del suelo a la penetración por un lado, y la correlación positiva con el contenido de materia orgánica por otro, denotan que la condición física del suelo es susceptible de mejorarse; en la discusión correspondiente, se indicó que los valores de la densidad aparente para el estrato 0-15 cm eran adecuados, y que los de la resistencia del suelo a la penetración en el estrato 10-20 y 20-30 cm son muy altos comparados con los reportados en la literatura. Por otra parte, el valor promedio para el contenido de materia orgánica fue de 2.40 por ciento el cual según Bratos et al. (1984), se considera bajo en función del contenido de arcilla (48.6 por ciento).

Wiersum (1980) indica, que para el desarrollo de un sistema radical óptimo el cual generalmente está relacionado con el crecimiento de la parte aérea de la planta, se debe considerar desde un punto de vista físico; la densidad aparente, la aireación, el contenido de humedad, y la temperatura del suelo, y en relación a la aireación, se considera que la densidad aparente, la resistencia a la penetración, y el contenido de humedad en el suelo, juegan un papel muy importante sobre esta característica; Algunos autores, citan que una pobre aireación afecta directamente la respiración de las raíces y actúa indirectamente a través de la producción de sustancias tóxicas en el suelo. Además, un gran número de datos experimentales indican que las raíces no

penetran bajo condiciones de aireación limitantes, dicha aireación puede ser caracterizada tanto por el contenido de oxígeno como de  $\text{CO}_2$ , y se estima que un valor inferior a  $30-40 \times 10^{-8} \text{ g O}_2\text{cm}^{-2}\text{min}^{-2}$  es limitante para el crecimiento de raíces (Wiersum, 1980).

En suelos arcillosos, un incremento en el contenido de materia orgánica mejora la penetración de las raíces de manzano, sin embargo existen diferencias en la sensibilidad a la falta de oxígeno entre los diferentes portainjertos y variedades. Se considera en este sentido, que las adaptaciones morfológicas tienen lugar en respuesta a condiciones de suelo más estables, y que la respuesta a condiciones temporales o fluctuantes es más de naturaleza fisiológica, como sucede con los cambios en la tasa de absorción de agua y/o nutrimentos.

De lo anterior se deduce, que si la condición física del suelo es desfavorable el sistema radical resultante será pobre, y por consiguiente la captación de agua y nutrimentos será insuficiente para satisfacer los requerimientos del manzano, lo que a su vez, afecta procesos fisiológicos tan importantes como la fotosíntesis tal como se describió anteriormente. En este contexto, el contenido de materia orgánica juega un papel muy importante al incrementar la capacidad de retención de humedad y junto con la arcilla, aumenta la plasticidad de los suelos húmedos lo cual permite

que las raíces penetren más fácilmente en el suelo y se posibilite una mayor absorción de agua y nutrimentos al presentar el sistema radical una mejor distribución espacial.

Desde el punto de vista químico, el análisis del suelo indicó que el contenido de potasio fue la variable que más consistencia presentó en los análisis de correlación; si bien en el 87 los coeficientes para nitrógeno y magnesio intercambiable fueron mayores que los obtenidos con las formas soluble, intercambiable y asimilable de potasio, la expresión del contenido de este elemento en forma de potencial incrementó notablemente el valor de los coeficientes, tanto en su forma elemental ( $pK$ ) como en el valor integrado con el contenido de calcio ( $pK-0.5pCa$ ). El análisis foliar complementó los resultados obtenidos en el análisis de suelo, ya que se encontró una correlación significativa entre la concentración foliar de K y el IASTT ajustado por covarianza.

En 1988, el potasio asimilable fue la característica que más correlacionó con el IASTT seguido del nitrógeno total y del potasio intercambiable, sin embargo su expresión en forma de potencial no incrementó la correlación entre estas variables aún cuando el valor para el  $pK$  fue el coeficiente más elevado seguido del  $pK-0.5pCa$ . En este ciclo, el contenido foliar de potasio no se asoció significativamente con el IASTT, sin embargo se detectaron

coeficientes de correlación muy altamente significativos entre el IASTT en 1988 y las expresiones  $pK$ ,  $pK-0.5pCa$ ,  $pK-0.5pMg$  y  $pK-0.5p(Ca+Mg)$  determinadas en 1987. Hudska (1983) encontró que el rendimiento de manzano correlacionó positivamente con la concentración foliar de potasio en el año anterior y en este caso, la mejor expresión para este elemento fue en forma de potencial químico; cabe aclarar, que a medida que el valor del potencial disminuye, la actividad de los iones en solución se incrementa, lo cual explica el porque los coeficientes de correlación fueron negativos en todos los casos.

Para la fertilización potásica, se observó una respuesta favorable para la aplicación de este elemento hasta una dosis de 300 g/árbol en todos los períodos de evaluación (excepto en 1986), sin embargo la aplicación de 600 g de  $K_2O$  mostró por lo general un efecto depresivo sobre el valor de esta característica

La posibilidad de una respuesta a la fertilización potásica, no podría determinarse en base al análisis convencional del suelo exclusivamente, ya que la cuantificación correspondiente indicó que el suelo experimental es rico en este elemento (444.0 kg/ha), sin embargo al expresar su concentración en forma de potencial químico ( $pK-0.5pCa$ ), se pudo determinar que los valores obtenidos con el testigo (que es la condición natural del

suelo), se encuentran por encima del rango de equilibrio citado por Cruz (1984) y tendieron a situarse en el umbral de la deficiencia de potasio. Lo anterior corrobora con los resultados del análisis foliar; en 1986, González (1989) reportó que la concentración de potasio se ubicó en la categoría de marginal según la interpretación de Bould (1970) y de Robinson (1986). En 1987, aún cuando existió una correlación significativa entre la concentración foliar de este elemento y el IASTT, la mayoría de los tratamientos se encontraron en el rango considerado como adecuado, y en 1988, el diagnóstico nutricional ubicó al potasio como el primer elemento en el orden de requerimientos según el DRIS, y en una concentración menor a la óptima en la totalidad de los tratamientos según Bould (1970), mientras que para Robinson (1986), el contenido foliar de K fue inferior al adecuado en un 88 por ciento de los casos.

En la discusión anterior, se han generalizado los aspectos fisico-químicos del suelo y los aspectos nutricionales que son afectados por el acolchado, y en relación a la aplicación de nitrógeno y fósforo que son los otros factores bajo estudio, el análisis del suelo indicó que el contenido de nitrógeno se consideró extremadamente pobre en un 39 por ciento de las determinaciones, el mismo porcentaje de muestras correspondió a la categoría de pobre, un 5.3 por ciento presentaron un contenido mediano de este elemento, mientras que un 13.1 y 2.6 por ciento de los

análisis clasificaron al suelo como medianamente rico y rico respectivamente.

Aún cuando la aplicación de los tratamientos de nitrógeno no incrementó sustancialmente el nivel de este elemento en el suelo, se pudo detectar un ligero aumento en el porcentaje de nitrógeno a través de los años, así se observó un 0.039, 0.079, y 0.094 por ciento para los ciclos 1986, 1987, y 1988 respectivamente.

En el ciclo 1986, no obstante que el contenido de nitrógeno en el suelo se clasificó como extremadamente pobre, González (1989) reportó que según la interpretación de Robinson (1986), la concentración foliar de este elemento en la totalidad de los tratamientos se ubicó por encima del rango considerado como adecuado, mientras que según la interpretación de Bould (1970) solo un 53 por ciento de las muestras se encontraban en concentración superior a la óptima. Por otra parte, en 1987 la concentración foliar de nitrógeno en todos los tratamientos, se ubicó en el rango considerado como adecuado según Robinson (1986) y en el marginal según Bould (1970), sin embargo el análisis de correlación no detectó asociación significativa (aunque si positiva) entre el contenido foliar y edáfico de este elemento y el IASTT, mientras que el ensayo de fertilización, mostró un efecto factorial positivo para la aplicación del nitrógeno en los ciclos 86 y 87 (Cuadro 4.25 y Figura 4.9),

y en este sentido, la interpretación de Bould (1970) de los rangos óptimos diagnosticó más acertadamente la respuesta a la fertilización nitrogenada.

En 1988 donde se conjugó un mayor rendimiento de frutos y una mayor concentración foliar de nitrógeno en relación al ciclo 1987, el análisis foliar arrojó interpretaciones contradictorias según las referencias empleadas, ya que para Bould (1970) un 29 por ciento de las muestras se ubicaron en un nivel inferior al óptimo, mientras que según Robinson (1986) un 65 por ciento de los casos rebasó el rango de suficiencia. En este ciclo, los coeficientes positivos en la correlación entre el IASTT y el contenido foliar de nitrógeno apoyan el diagnóstico de Bould (1970), en tanto que los coeficientes negativos encontrados en la correlación con el contenido total de N en el suelo, y en el efecto factorial medio en la prueba de fertilización apoyan el diagnóstico de Robinson (1986), el DRIS por su parte, ubicó al nitrógeno entre los cuatro elementos que el orden de requerimientos señaló como más deficientes.

La interpretación global de la respuesta a nitrógeno durante los tres ciclos de evaluación se puede apoyar en las investigaciones de Hansen (1980), el cual evaluó el comportamiento del manzano en función de su carga y encontró que en árboles con una gran producción de frutos, la mayor parte de la materia seca producida fue translocada

hacia el interior de éstos, lo cual redujo considerablemente la acumulación de materia seca en los demás órganos del árbol (hojas, brotes, ramas, tronco y raíces), así mismo la absorción total de nitrógeno fue significativamente más pequeña en los árboles con fruto, sin embargo la reducción porcentual en la acumulación de materia seca fue más drástica que la acumulación de nitrógeno para el caso de las hojas, de lo cual se desprende que al expresar los datos de contenido mineral sobre una base de concentración, trae como consecuencia que al incrementarse más rápidamente (o disminuir menos) la tasa de acumulación de nitrógeno que la acumulación de materia seca, se produce un aumento en la concentración foliar de este elemento (Tromp, 1970; Emmert, 1959) tal como ocurrió en 1988, donde en promedio se registró una concentración 12 por ciento mayor a la obtenida en 1987.

Hansen (1980) también reporta que cuando el suministro de nitrógeno es limitado, es más probable que se presenten síntomas de deficiencia en los árboles sin frutos que en aquéllos que tienen una gran cantidad de éstos, lo cual se debe a que los árboles sin fruto tienen una mayor demanda de nitrógeno, ya que al tener una mayor acumulación de materia seca en la hoja la concentración foliar de nitrógeno podría reducirse a niveles inferiores al óptimo. Greenham y Priestley (1980) coinciden al señalar que en árboles donde una alta proporción de la materia seca (70 por ciento) es depositada en los frutos, los requerimientos de N

podrían ser menores que los de aquéllos que solo presentan crecimiento vegetativo.

Al evaluar la respuesta a la fertilización en una localidad y año específicos, Robinson (1980) indica que pueden encontrarse buenas relaciones entre el suministro de elementos, su concentración foliar y el rendimiento, sin embargo la interpretación se complica al comparar entre años, entre localidades, y aún entre sitios, ya que las variaciones son frecuentemente muy amplias y difíciles de descifrar. En nuestro caso, la aplicación de nitrógeno al suelo no se reflejó en un incremento proporcional en la concentración foliar de este elemento, no obstante el tratamiento testigo presentó la más baja concentración de nitrógeno durante los ciclos 1987 y 1988, lo cual indica que la fertilización al suelo afectó de alguna manera la condición nutricional del árbol, sin embargo, debido a la falta de evidencias que permitan distinguir cualquier diferencia química entre los compuestos nitrogenados que provienen de las reservas del árbol y aquéllos que son aportados durante el ciclo, es difícil establecer relaciones causales directas entre el nivel de nitrógeno en el suelo y/o el follaje y la tasa de crecimiento de las especies caducifolias como el manzano.

Aún así con base en los reportes de Hansen (1980), se pudo explicar el comportamiento del IASTT con respecto a la fertilización nitrogenada, ya que en 1986 y

1987 donde la producción de frutos fue solo un 7.1 por ciento de la obtenida en 1988, los requerimientos de nitrógeno fueron mayores, de allí las correlaciones positivas (aunque no significativas) entre el contenido de nitrógeno en el suelo y en el follaje y el valor del IASTT anual, así como en el efecto factorial positivo en la prueba de fertilización. Por el contrario, las necesidades de nitrógeno fueron menores en 1988, razón por la cual se encontraron coeficientes negativos en la correlación del IASTT con el contenido de N en el suelo y en el análisis factorial.

La magnitud de la respuesta obtenida en 1986 y 1987, se explica por ese sistema único que poseen los frutales para conservar el nitrógeno, gracias al cual es posible almacenar en los tejidos leñosos del árbol hasta un 80 por ciento del nitrógeno foliar (Titus y Kang, 1982). El nitrógeno así acumulado lo mismo que los carbohidratos, almidón, celulosa, hemicelulosa y lignina, pasan a formar parte de las estructuras perennes del árbol (raíz, tronco, ramas y brotes), lo cual se traduce en un mayor IASTT durante los dos primeros ciclos.

En 1988 donde el IASTT no correlacionó significativamente con el ASTT aunque si positivamente, se puede suponer que tanto las reservas del árbol así como la mayor parte de la materia seca producida en ese ciclo, fueron movilizadas primordialmente hacia los frutos por ser éstos

los órganos de mayor demanda en 1988 tal como reportó Hansen (1980). Lo anterior corrobora también con las observaciones de Erf y Proctor (1987) y Monseline y Goldschmidt (1982), los cuales encontraron que una gran producción de fruto reduce el IASTT e influye en el agotamiento de las reservas del árbol, tal como se observó en el ciclo 1988.

Con respecto a la aplicación de fósforo, el análisis del suelo indicó que el contenido de este elemento en su forma aprovechable, es bajo según la textura y la condición de humedad del suelo (Bratos et al., 1984), y debido a la escasa movilidad de este elemento, no se buscó alguna relación entre la fertilización fosfatada y el nivel de fósforo en el suelo ya que el sitio del muestreo y el de la aplicación del fertilizante fueron diferentes.

Por otra parte, el diagnóstico foliar indicó que en 1986 (González, 1989) un 65 por ciento de los tratamientos se ubicó en la categoría marginal y el resto en el rango considerado como adecuado esto según la interpretación de Robinson (1986), mientras que para Bould (1970) los 17 tratamientos se ubicaron en la categoría marginal. En ese mismo ciclo, el efecto factorial positivo del fósforo en la prueba de fertilización así como los coeficientes positivos en el análisis de correlación entre el contenido foliar y edáfico de este elemento y el IASTT, corroboraron los resultados del análisis de suelo y el diagnóstico foliar.

En 1987, la concentración foliar de fósforo se clasificó como marginal en la totalidad de las muestras según Bould (1970), mientras que para Robinson (1986) solo un 59 por ciento de los tratamientos se ubicó en esta categoría y al igual que en 1986, este diagnóstico fue apoyado con los análisis de correlación correspondientes así como en los resultados de la prueba de fertilización.

En 1988 donde la concentración foliar de este elemento se clasificó como marginal en prácticamente todos los tratamientos según Bould (1970) y Robinson (1986), se encontraron correlaciones negativas (significativas) entre el IASTT y el contenido de fósforo en el follaje, sin embargo también se hallaron coeficientes positivos en la correlación con la cantidad de fósforo en el suelo y en la prueba de fertilización.

Para interpretar la respuesta a fósforo durante los tres ciclos, se puede aplicar la misma base teórica utilizada por Hansen (1980) para explicar el comportamiento de árboles con y sin frutos; este autor, indica que bajo condiciones de suelo favorables a una deficiencia de fósforo, ésta podría ocurrir primeramente en árboles sin fruto ya que en este caso, las hojas son los órganos donde se acumula la mayor parte de la materia seca producida y por lo tanto serán los órganos de mayor demanda de nutrimentos.

Con base en lo anterior, se puede explicar el mayor requerimiento de fósforo en árboles con muy baja o nula producción de frutos, lo cual a su vez explica la magnitud de la respuesta encontrada en 1986 y 1987. Este efecto del fósforo sobre los procesos de crecimiento está ampliamente documentado en la literatura; se sabe que la transferencia de energía fuera del cloroplasto requiere de fósforo inorgánico, un efecto primario del fosfato sobre el crecimiento autotrófico es entonces el suministro de energía química, la cual es indispensable para numerosos procesos metabólicos incluyendo la división y expansión celular, la respiración y la fotosíntesis.

En plantas deficientes en fósforo, la inhibición de la expansión de las células foliares se manifiesta principalmente al mediodía, y es causada por la disminución de la conductancia hidráulica de las raíces, este fenómeno puede contribuir a un cierre más rápido de los estomas en respuesta al déficit de humedad, sin embargo, Marschner (1986) indica que en plantas deficientes en  $P_2O_5$  y sujetas a estrés hídrico, se ha observado una mayor acumulación de ABA en comparación con las plantas con un suministro adecuado de este elemento; en plantas deficientes, los estomas se cerraron a un potencial hídrico de aproximadamente -12 bares, mientras que las plantas sin deficiencia cerraron sus estomas a un potencial de -16 bares, estos resultados mostraron el efecto que ejerce el  $P_2O_5$  sobre el balance hormonal y

particularmente en el balance ABA/CYT, todo lo cual repercute en los mecanismos de apertura y cierre estomáticos que a su vez afectan la tasa de fotosíntesis. En este sentido, Lebedev (1983) coincide en señalar que un nivel bajo de  $P_2O_5$  disminuye la tasa de fotosíntesis y la productividad del manzano, cabe recordar aquí el efecto que ejerce dicho proceso sobre el IASTT, el cual ya fue discutido anteriormente.

Marschner (1986) y Priestley (1970) coinciden en señalar que la función reguladora del fósforo en el metabolismo de los carbohidratos, ocurre a través de compuestos con grupos fosfato activos, de los cuales el ATP es el principal fosfato de alta energía y el cual es requerido además para la síntesis de almidón. Otros trifosfatos importantes son la GTP y la UTP, los cuales son requeridos para la síntesis de celulosa y callosa respectivamente, este último compuesto controla la apertura y cierre de los platos porosos en los elementos criba del floema y por lo tanto ejerce una gran influencia sobre el flujo de compuestos a través de esta vía. Por otra parte, estos trifosfatos están involucrados en la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos, de allí su importancia en todos los aspectos metabólicos de la planta.

El efecto que ejerció la concentración foliar de fósforo sobre el IASTT en 1988, corrobora las observaciones de Hansen (1980) el cual indica que los requerimientos de

este elemento son menores cuando los árboles presentan una gran cantidad de frutos, además, un exceso de fósforo podría reducir el crecimiento debido a que retarda la absorción y translocación de nutrimentos como el fierro, cobre y zinc (Loneragan y Asher, 1967), cuya deficiencia a su vez provoca una disminución de la actividad metabólica de los árboles.

En este sentido, cabe señalar que la concentración foliar de zinc correlacionó significativamente con el incremento en área de la sección transversal del tronco en 1987, y que en 1988 donde el fósforo correlacionó negativamente con el IASTT, el contenido foliar de zinc no se asoció con esta característica, lo cual indica la posibilidad de una respuesta positiva a la aplicación de este elemento, lo cual ya fue señalado en el apartado correspondiente al diagnóstico nutricional, ya que la concentración foliar de zinc se diagnosticó como deficiente en la totalidad de las muestras según ambos criterios de interpretación de los rangos óptimos.

Lo anterior constituye una evidencia de que la concentración foliar de zinc es inadecuada independientemente del nivel de fósforo, lo cual podría descartar una posible deficiencia de este elemento inducida por fósforo.

## Longitud de brotes

El análisis de varianza no detectó diferencia significativa entre tratamientos para los ciclos 1986 (González, 1989), 1987, y 1988, ni tampoco en el crecimiento acumulado en el período 86+87, 87+88, y 86-88. Al contrastar el testigo contra el resto de los tratamientos, solo se encontró significancia en el crecimiento de 1988 y en el acumulado de 1987 a 1988 (Cuadro 4.39).

Cuadro 4.39. Cuadrado medio del error (CME) y F calculada (Fc), en el análisis de varianza para la variable crecimiento de brotes. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila.

	Ciclo de Observación					
	1986	1987	1988	86+87	87+88	86-88
CME	5.57	9.26	5.06	18.80	17.46	28.18
Fc tratamientos	1.39 <sup>ns</sup>	1.38 <sup>ns</sup>	1.39 <sup>ns</sup>	1.38 <sup>ns</sup>	1.57 <sup>ns</sup>	1.69 <sup>ns</sup>
Fc Contraste	2.36 <sup>ns</sup>	2.98 <sup>ns</sup>	4.86*	1.13 <sup>ns</sup>	5.97*	3.00 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	23.24	18.19	34.90	16.15	18.06	15.97

ns = Valor de F no significativo

\* = Valor de F significativo

En el análisis factorial de la matriz PPI (Cuadro 4.40), se observó significancia para la interacción NA y para la aplicación de 200 g de nitrógeno en 1986; para la interacción NA y la aplicación de fósforo en 1987; mientras que en 1988, se obtuvo significancia para la interacción NPA y para la aplicación de 320 g de fósforo.

Cuadro 4.40. Efectos factoriales medios (EFM) y diferencia de medias en el análisis factorial para la variable crecimiento de brotes. Manzano Var. Golden Delicious/MMIII. Los Lirios, Coahuila. Ciclos 1986, 1987 y 1988.

N	P	CRECIMIENTO DE BROTES cm/árbol																
		1986			1987			1988			1986 + 1987			1987 + 1988			1986 + 1987 + 1988	
g/árbol		Notación	$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM
1	400	160	4	8.15	10.211	17.59	16.867	6.50	6.807	25.74	27.108	24.09	23.670	32.24	33.886			
2	400	160	8	11.31	0.278	13.92	0.106	7.55	-0.205	25.23	0.446	21.47	-0.100	32.78	0.178			
3	400	240	4	10.32	1.334	18.07	2.277*	7.74	0.798	28.39	3.549*	25.81	3.075*	36.13	4.408*			
4	400	240	8	10.74	-0.230	17.03	0.833	6.08	0.496	27.77	0.54	23.11	1.325	33.85	1.093			
5	600	160	4	10.43	0.159	14.59	0.428	7.02	-0.323	25.02	0.65	21.61	0.110	32.04	0.273			
6	600	160	8	N.A.	-1.513*	16.81	2.462*	4.57	0.099	25.10	1.011	21.38	2.560*	29.67	1.048			
7	600	240	4	NP	0.535	17.01	0.486	6.38	0.911	28.40	0.959	23.39	1.395	34.78	1.928			
8	600	240	8	NPA	1.135	19.92	-0.486	8.62	1.850*	30.98	0.587	28.54	1.365	39.60	2.503			
				EMS	1.397		1.804		1.332		2.571		2.475		3.145			
9	200	160	4	5.86		14.23		4.93		20.09*		19.16		25.02*				
10	800	240	8	10.68		17.54		7.24		28.22		24.78		35.46				
11	400	80	4	9.45		16.77		6.57		26.22		23.34		32.79				
12	600	320	8	10.40		18.25		4.73*		28.65		22.98		33.38				
13	400	160	0	10.09		17.06		5.16		27.15		22.22		32.31				
14	600	240	12	11.10		19.65		7.79		30.75*		27.44		38.54				
15	600	240	8	10.77		15.67		8.07		26.44*		23.74		34.51				
16	600	240	8	11.23		15.94		6.12		27.17*		22.06*		33.29				
				DMS	2.52	4.32		3.19		4.87		5.93		5.96				
17	0	0	0	10.60		14.17		4.01		24.77		18.18		28.78				
Media General				10.11		16.72		6.42		26.83		23.14		33.25				

\* Efecto factorial o diferencia de medias significativo

En el crecimiento acumulado durante los dos primeros ciclos, el  $P_2O_5$  fue el único efecto simple que presentó significancia, sin embargo en la comparación de medias hacia las prolongaciones de la matriz, la aplicación de 200 g de nitrógeno, de cero y 12 kg de rastrojo, y también la comparación con las dosis de cero y 600 g de  $K_2O$ , resultaron estadísticamente significativas (Cuadro 4.40)

En el crecimiento acumulado durante 1987 y 1988, se observó que el fósforo fue el único efecto factorial simple que presentó significancia, sin embargo también resultó significativa la interacción nitrógeno por acolchado y la comparación de medias entre el tratamiento ocho y el tratamiento 16, con el cual se evaluó la respuesta a 600 g de potasio por árbol.

En el crecimiento acumulado durante los tres ciclos, se observó nuevamente que el fósforo fue el único efecto factorial simple que presentó significancia, y en la comparación hacia las prolongaciones de la matriz, el nivel inferior de nitrógeno presentó un crecimiento significativamente menor (Cuadro 4.40).

Al igual que en el incremento en área de la sección transversal del tronco, González (1989) encontró una correlación significativa entre el crecimiento de brotes en 1986, y el área de la sección transversal del tronco al

inicio de ese ciclo, no obstante, en 1987 y 1988 el crecimiento de brotes correlacionó más con el IASTT que con el valor del ASTT al inicio de cada ciclo (Cuadros 4.41 y 4.42), por este motivo aún cuando se ajustaron por covarianza los valores correspondientes para los análisis de correlación, en la descripción del comportamiento de esta variable se utilizaron los datos originales ya que los valores de Fc en el ANVA ajustado del análisis de covarianza no fueron significativos en ningún caso.

Cuadro 4.41. Coeficientes de correlación entre el crecimiento de brotes, y el área de la sección transversal del tronco (ASTT). Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.

	Crecimiento de brotes 1987	
	Sin ajustar	Ajustado por ASTT
ASTT al inicio de 1986	0.489**	0.375
ASTT al final de 1986	0.480**	0.339
ASTT al inicio de 1987	0.358	0.219
IASTT <sup>1</sup> durante 1986	0.005	-0.041
IASTT <sup>2</sup> 1986 ajustado	-0.150	-0.160
IASTT <sup>1</sup> durante 1987	0.651***	0.576**
IASTT <sup>2</sup> 1987 ajustado	0.621***	0.600***

1 Incremento en área de la sección transversal del tronco

2 IASTT ajustado por covarianza con el ASTT inicial

Para la aplicación del fósforo que fue el factor que más consistencia mostró en el análisis factorial, se observó en 1986 que la fertilización fosfatada mostró una tendencia positiva solo cuando de combinó con 600 g de N y ocho kg de rastrojo, ya que a niveles inferiores de dichos factores, la aplicación de 160 g de fósforo presentó un efecto detrimental

sobre el crecimiento de brotes, esto como consecuencia de su interacción negativa con el acolchado principalmente (Figura 4.14). Resultó evidente que el crecimiento observado en el testigo (10.6 cm) fue superior a la mayoría de los tratamientos fertilizados y acolchados tal como ocurrió con el IASTT en ese mismo ciclo, lo cual se explica por el hecho de que en cultivos perennes como el manzano, el comportamiento "actual" del árbol tanto en crecimiento como en producción, está fuertemente afectado por el manejo, las reservas y los niveles de producción previos, por lo cual es difícil encontrar respuesta a la aplicación de insumos durante el primer ciclo de estudio; sin embargo, destaca en este primer año que la aplicación de fósforo fue el factor que presentó el mayor efecto factorial positivo (1.334), el cual fue casi significativo (EMS = 1.397).

Cuadro 4.42. Coeficientes de correlación entre el crecimiento de brotes y el área de la sección transversal del tronco (ASTT). Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

	Crecimiento de brotes 1988	
	Sin ajustar	Ajustado por ASTT
ASTT al inicio de 1986	0.063	0.011
ASTT al inicio de 1987	0.119	0.061
ASTT al inicio de 1988	0.275	0.216
IASTT <sup>1</sup> durante 1986	0.230	0.238
IASTT <sup>1</sup> durante 1987	0.594 <sup>***</sup>	0.558 <sup>**</sup>
IASTT <sup>2</sup> 1987 ajustado	0.677 <sup>***</sup>	0.663 <sup>***</sup>
IASTT <sup>2</sup> durante 1988	0.362	0.348

1 Incremento en área de la sección transversal del tronco

2 IASTT ajustado por covarianza con el ASTT inicial

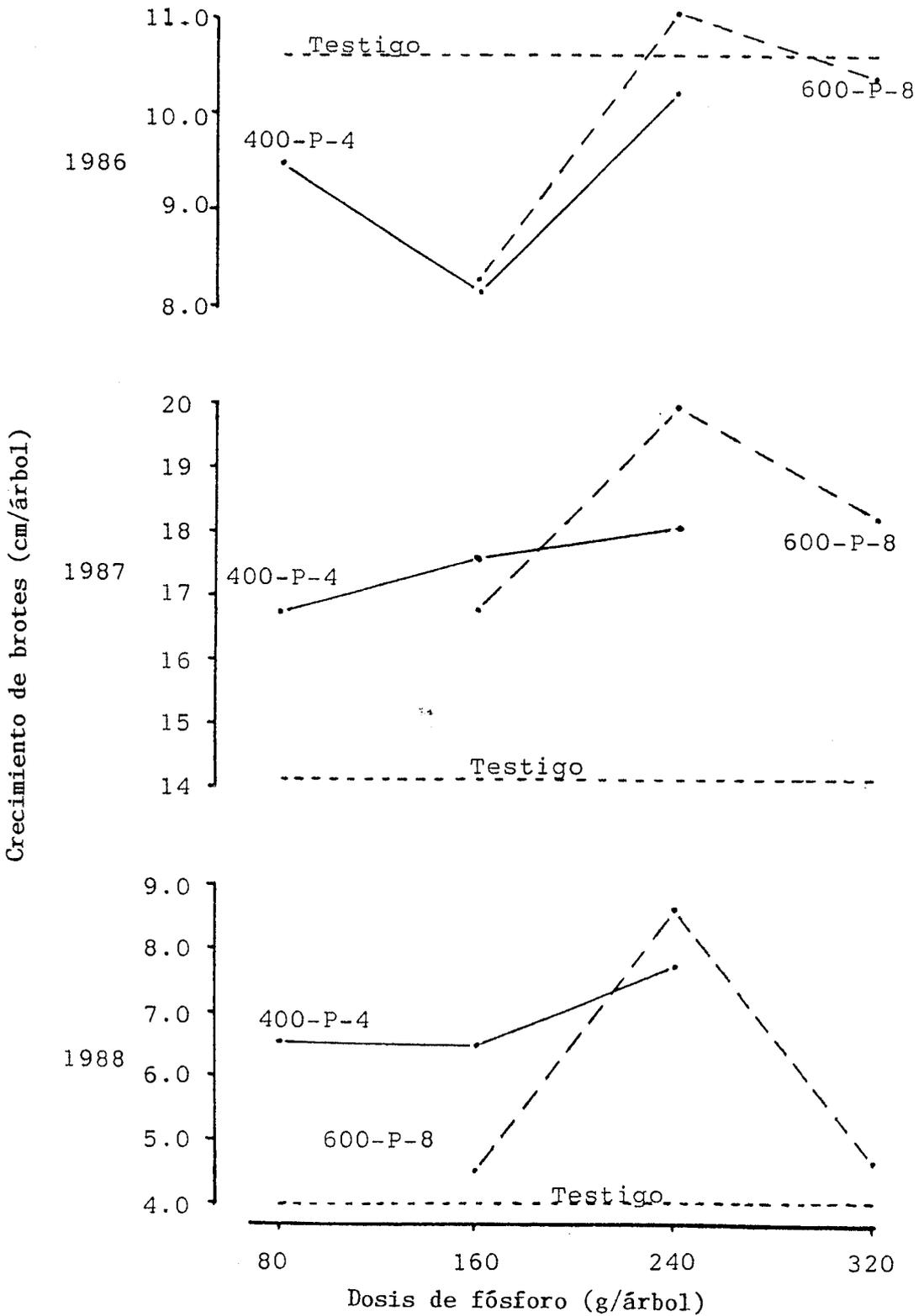


Figura 4. 14. Crecimiento de brotes de manzano variedad Golden Delicious/MM111, en función de cuatro dosis de fósforo. Los Lirios, Coahuila. Ciclos 1986, 1987 y 1988.

En 1987, año en que se obtuvo el mayor crecimiento de brotes por ciclo y donde además el fósforo fue el único efecto factorial simple que presentó significancia, se pudo apreciar una clara tendencia de este elemento a incrementar el crecimiento de brotes y también una interacción positiva para al aplicación de nitrógeno y acolchado. En términos generales, la longitud del brote se incrementó en función de la dosis de fósforo hasta un nivel de 240 g/árbol, esta dosis combinada con 600 g de nitrógeno y ocho kg de rastrojo, presentó un crecimiento de 19.92 cm, el cual representó un porcentaje de incremento 40.58 por ciento superior al observado con el testigo.

En 1988 donde el crecimiento obtenido fue solo un 38.4 por ciento del observado en 1987 y además ningún efecto factorial simple obtuvo significancia, coincidió que el máximo nivel de respuesta en ese ciclo se obtuvo con una dosis de 240 g de  $P_2O_5$  independientemente del nivel de nitrógeno y acolchado, sin embargo la aplicación de 320 g de este elemento produjo un crecimiento significativamente menor en relación a su tratamiento comparativo; no obstante, el testigo fue el tratamiento que presentó el menor crecimiento durante ese año (4.01 cm). El valor de la media general para esta característica superó en 60.1 por ciento el valor obtenido con el testigo, mientras que el tratamiento que contenía la dosis de 240 g de  $P_2O_5$  (600-240-8) presentó un

porcentaje de incremento 114.96 por ciento superior en relación al mismo tratamiento (testigo).

En el período 86+87, 87+88 y 86-88, se observó una clara tendencia de este elemento a incrementar el crecimiento de brotes y en todos los casos, el nivel máximo de respuesta se ubicó en 240 g por árbol (Figura 4.15), sin embargo los mayores crecimientos se obtuvieron cuando se combinó la dosis de 240 g de fósforo con 600 g de nitrógeno y ocho kg de rastrojo, lo cual refleja la interacción positiva entre estos factores obtenida en el análisis factorial.

En el período 86+87 donde la producción de frutos fue muy semejante, la combinación 600-240-8 de nitrógeno, fósforo y acolchado, produjo un crecimiento de 30.98 cm, el cual fue un 25 por ciento superior al obtenido con el testigo, que presentó una longitud de brotes de 24.77 cm. Por otra parte, al comparar la respuesta en el período 87+88 donde de acuerdo al criterio de Ruíz (1986) se eliminó el crecimiento del ciclo 1986, la longitud de brotes obtenida con la dosis de 240 g de fósforo superó en un 57 por ciento el crecimiento observado con el testigo (28.54 y 18.18 cm/árbol respectivamente), mientras que en el crecimiento total durante los tres ciclos, la misma dosis de fósforo promovió un crecimiento de 39.6 cm que comparado con los 28.78 cm del testigo, representó un incremento 37.6 por ciento superior con respecto a dicho tratamiento (Figura 4.15).

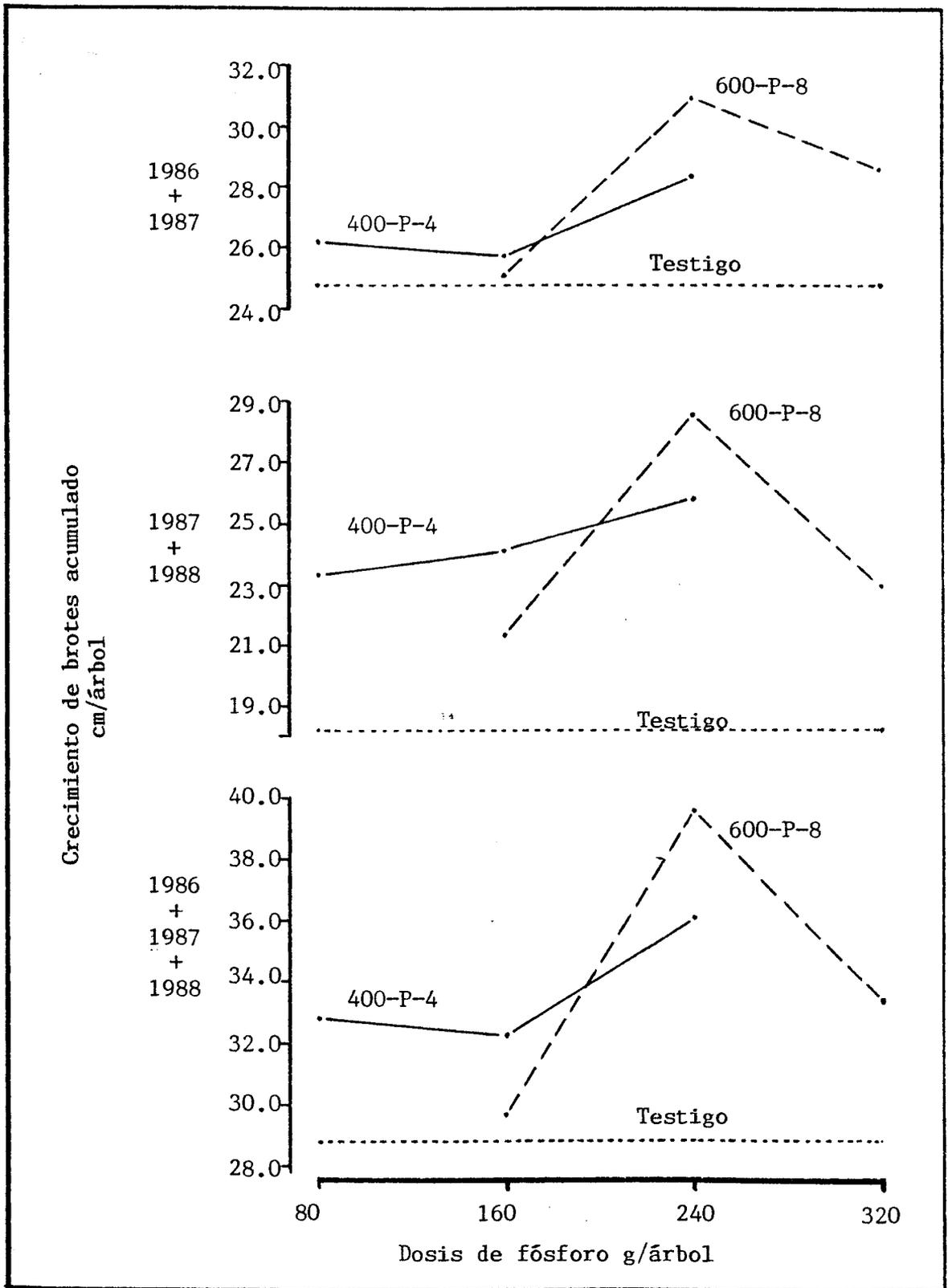


Figura 4.15. Crecimiento de brotes acumulado en función de cuatro dosis de fósforo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1986+1987, 1987+1988, y 1986-1988.

Con respecto a la aplicación de nitrógeno, en el ciclo 1986 se observó una clara tendencia de este elemento a incrementar la longitud de brotes; la fertilización con 200, 400, y 600 g/árbol generó crecimientos de 5.86, 8.15, y 10.43 cm respectivamente, dicha respuesta se logró en combinación con 160 g de fósforo y cuatro kg de rastrojo. Destacó en este ciclo el crecimiento de brotes del testigo, el cual superó en un 81 por ciento al crecimiento del tratamiento nueve el cual contiene el nivel de 200 g de nitrógeno. Por otra parte aún cuando las dosis de 400, 600, y 800 g de N combinados con 240 g de fósforo y ocho kg de rastrojo superaron ligeramente al testigo, la respuesta a los niveles de nitrógeno aplicados fue prácticamente inapreciable, no obstante, en ambos casos la máxima respuesta se obtuvo con una dosis de 600 g de nitrógeno por árbol (Figura 4.16).

En 1987 la magnitud de la respuesta a nitrógeno estuvo en función del nivel de rastrojo aplicado, ya que la dosis de 600 g de N promovió el mayor crecimiento de brotes solo cuando se combinó con una dosis de ocho kg de rastrojo, lo cual refleja la interacción positiva y significativa entre estos factores reportado ya en el análisis factorial. En este segundo ciclo, destaca el hecho de que todas las dosis de nitrógeno superaron el crecimiento alcanzado por el testigo, y que el valor obtenido con la fórmula 600-240-8 de NPA representó un crecimiento 40.6 por ciento superior en relación a dicho tratamiento.

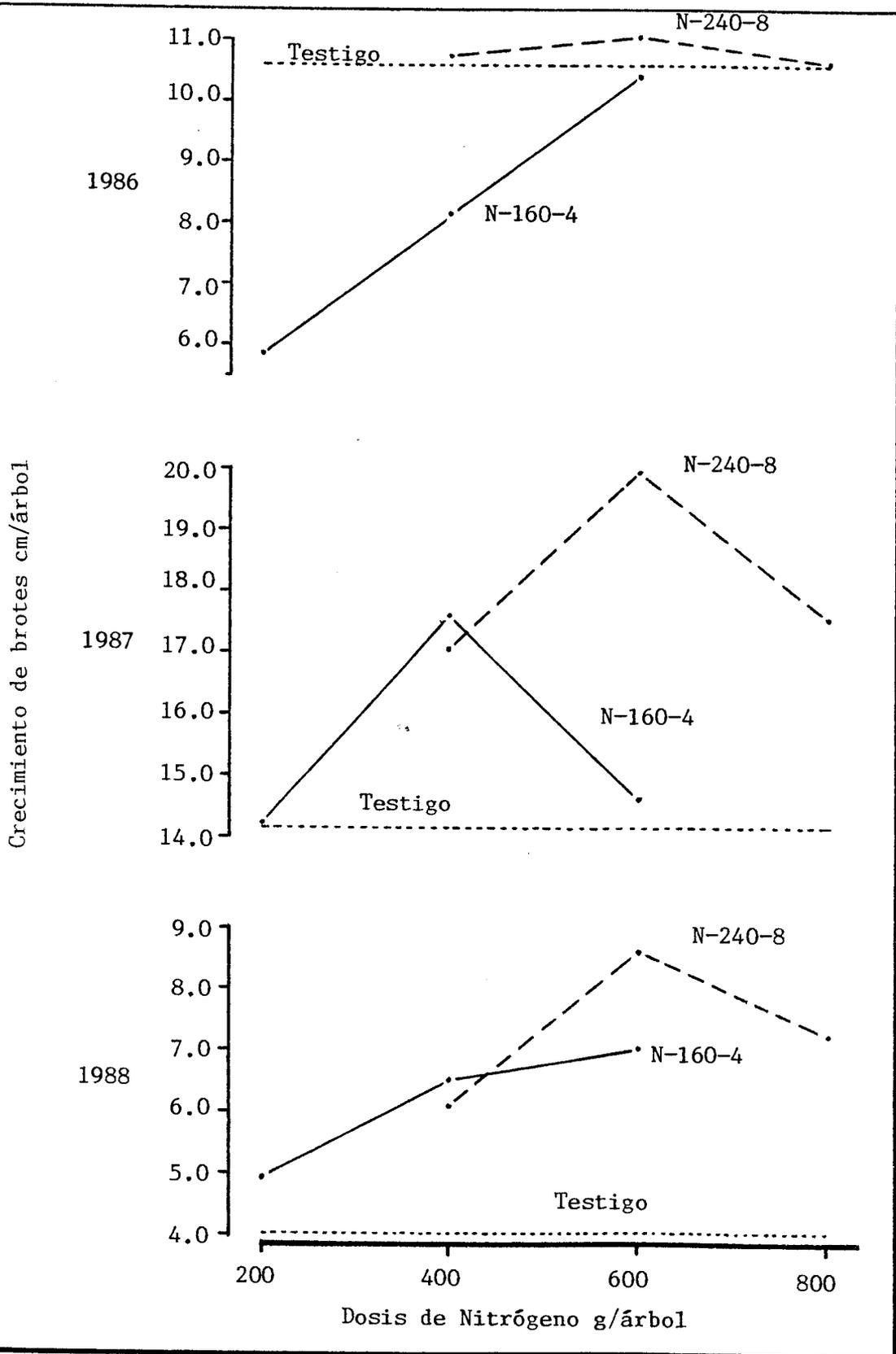


Figura 4.16. Crecimiento de brotes en función de cuatro dosis de nitrógeno. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1986, 1987, y 1988

En el ciclo 1988, aún cuando el análisis de la matriz PP1 reportó un efecto factorial negativo para la aplicación del nitrógeno, el efecto detrimental que presentó la dosis de 600 g/árbol se detectó solo cuando uno de los otros dos factores involucrados (fósforo y acolchado) se encontraba en su nivel bajo o alto, como sucede al comparar el tratamiento dos contra el seis donde el fósforo está en su nivel bajo y el acolchado en su nivel alto, o bien, en la comparación del tratamiento tres contra el siete, donde el fósforo se encuentra en su nivel alto y el acolchado en su nivel bajo.

En la Figura 4.16 se describe la respuesta a la fertilización nitrogenada cuando los factores fósforo y acolchado permanecen constantes primero en su nivel bajo y luego en su nivel alto, y en este caso el análisis factorial reportó un efecto positivo para la interacción NA, NP y un efecto positivo y significativo para la interacción NPA.

Si bien en 1988 se obtuvo el menor crecimiento de brotes por año, fue en este ciclo cuando más se reflejó el efecto que ejercieron los factores evaluados; en el caso del nitrógeno, la dosis de 600 g/árbol promovió un crecimiento de brotes 115 por ciento mayor que el observado con el testigo, y aún la dosis menor de este elemento presentó un crecimiento superior a dicho tratamiento (23 por ciento).

En el crecimiento de brotes acumulado durante los dos primeros ciclos, durante los dos últimos, y en el crecimiento acumulado durante los tres años de evaluación, se pudo observar que la longitud del brote tendió a incrementarse en función del nivel de nitrógeno hasta una dosis de 600 g/árbol (Figura 4.17), sin embargo dicha respuesta estuvo supeditada a la aplicación de fósforo y acolchado (240-8) cuyas interacciones NA, NP, y NPA, fueron positivas en todos los períodos de evaluación según el análisis factorial. Cabe destacar, que la interacción NA resultó significativa en el período 87+88 (Cuadro 4.40).

La mayor respuesta a la fertilización nitrogenada en relación al crecimiento del testigo, se obtuvo en el período 87+88, donde la dosis de 600 g/árbol presentó una longitud de brotes 10.36 cm mayor que dicho tratamiento. En general, la aplicación de esta dosis de nitrógeno representó porcentajes de incremento en relación al testigo de 25.1, 57.0 y 37.6 por ciento para los períodos 86+87, 87+88 y 86-88 respectivamente. Por otra parte, en el crecimiento acumulado de 1986 a 1987 y en el crecimiento total durante los tres ciclos de estudio, resultó significativamente menor la longitud de brotes registrada con la dosis de 200 g de nitrógeno, sin embargo, dado que a partir de 1987 el crecimiento de brotes atribuible a dicha dosis fue superior al crecimiento del testigo, se puede asignar la mayor parte de esa significancia al efecto que ejerció el primer año de

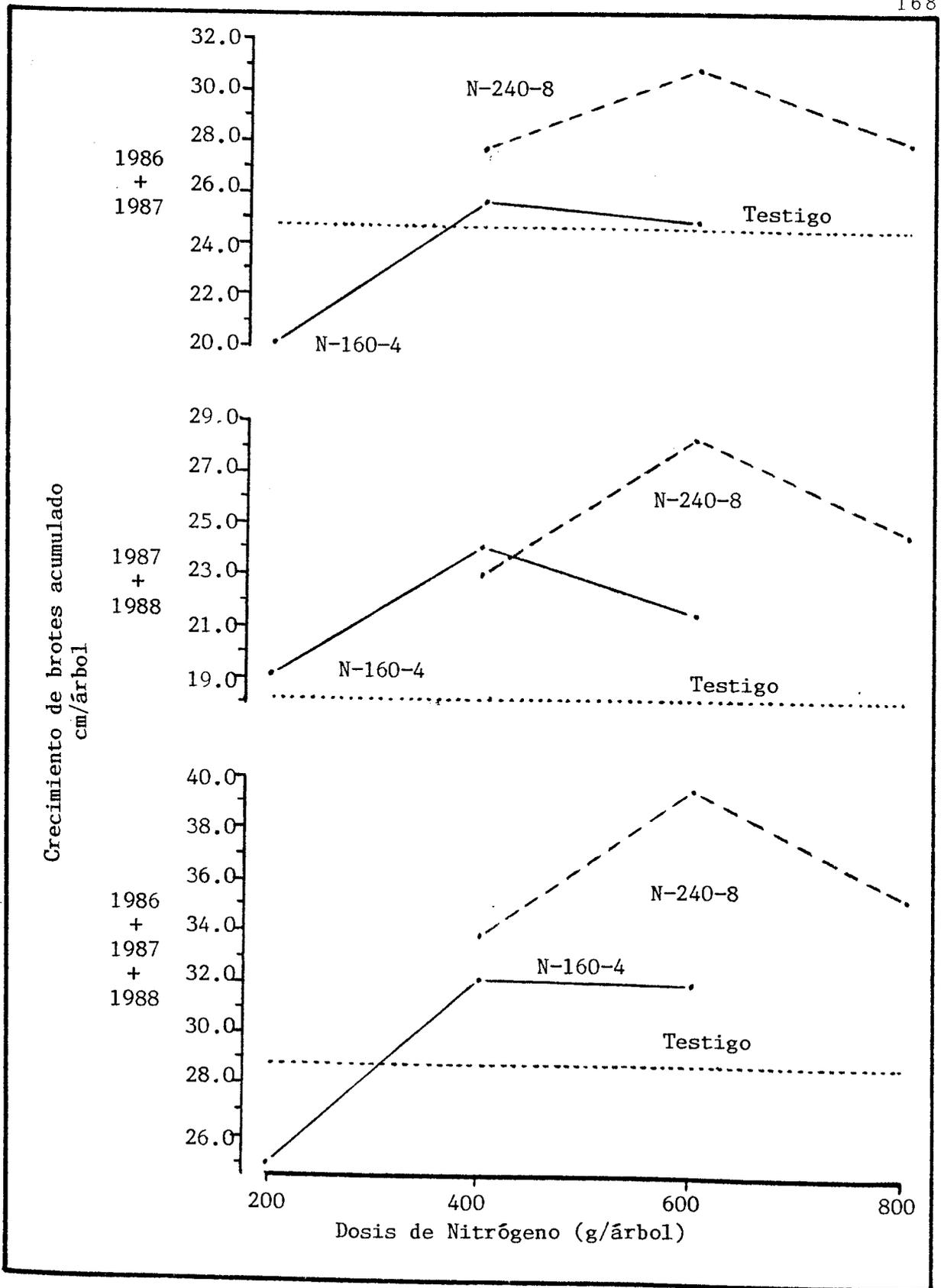


Figura 4.17. Crecimiento de brotes acumulado en función de cuatro dosis de nitrógeno. Manzano. Golden Delicious/MM 111. Los Lirios, Coahuila. Ciclos 1986 + 1987, 1987 + 1988, y 1986 + 1987 + 1988.

evaluación sobre el comportamiento general de esta característica, ya que en 1986, se conjugó el hecho de que el árbol al que se le asignó el tratamiento que contenía la dosis más baja de nitrógeno, presentó además un vigor muy pobre (menor ASTT), lo cual influyó para que en ese primer ciclo la dosis de 200 g de nitrógeno se asociara con un crecimiento de brotes 55 por ciento inferior al testigo.

Con respecto al acolchado, en la descripción de tendencias mostrada en la Figura 4.18 se puede observar que en 1986 el comportamiento de esta variable fue un tanto azaroso, si bien el efecto factorial para la aplicación del acolchado fue positivo, su interacción con nitrógeno y fósforo fue negativa, sin embargo solo la interacción NA resultó estadísticamente significativa (Cuadro 4.40). Estas interacciones negativas influyeron para que el rastrojo disminuyera ligeramente el crecimiento de brotes cuando este insumo se combinó con 600-240 de NP. Al igual que en la descripción de tendencias para nitrógeno y fósforo, en 1986 el crecimiento del testigo superó a la mayoría de los tratamientos fertilizados y acolchados, no obstante, la mayor longitud de brotes se obtuvo con la combinación 600-240-4 y 400-240-8 de NPA, las cuales presentaron crecimientos de 11.39 y 11.31 cm respectivamente.

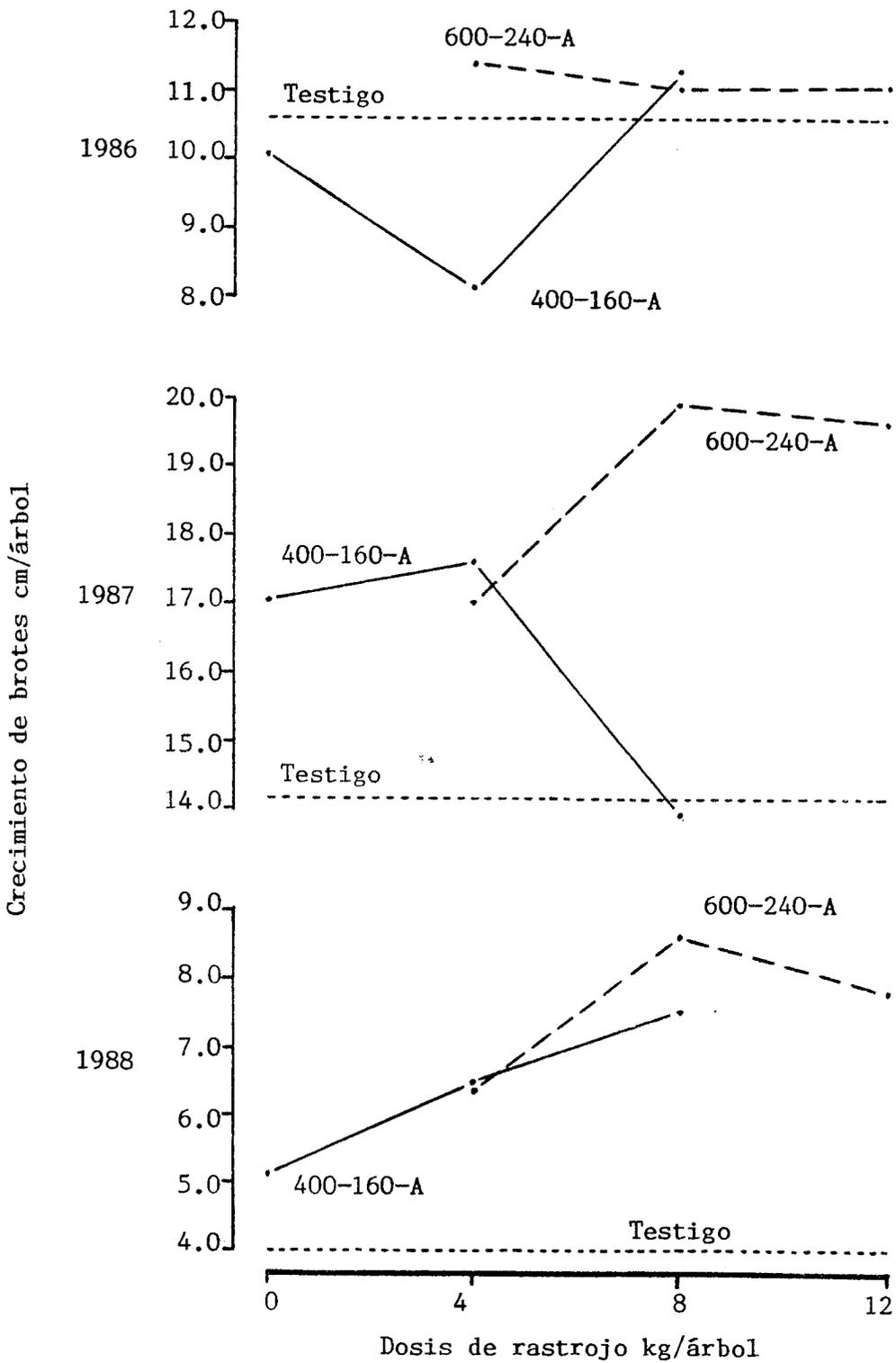


Figura 4.8 . Crecimiento de brotes en función de cuatro dosis de rastrojo como acolchado. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1986, 1987, y 1988.

En 1987, se observó que el mayor crecimiento de brotes estuvo asociado con una dosis de ocho kg de rastrojo, sin embargo esta respuesta estuvo supeditada a la aplicación de 600 g de N/árbol cuya interacción fue estadísticamente significativa (Cuadro 4.40). Con la combinación 600-240-8 de NPA se obtuvo una longitud de brotes de 19.92 cm, la cual fue superior en un 40.6 por ciento al crecimiento obtenido con el testigo (14.17 cm).

En el ciclo 1988, no obstante que en la curva de respuesta se observó una clara tendencia del acolchado a incrementar la longitud de brotes (Figura 4.19), el análisis factorial indicó que el efecto atribuible al acolchado fue negativo, sin embargo, cabe aclarar que en dicho análisis se involucran solamente los niveles de cuatro y ocho kg de rastrojo, y el crecimiento mostrado en la Figura 4.19 incluye la respuesta obtenida con las prolongaciones de la matriz para este factor. En la interpretación de la interacción NPA que resultó significativa en este ciclo, se pudo deducir que el acolchado ejerció un efecto positivo solo cuando los niveles de nitrógeno y fósforo permanecieron constantes en su nivel bajo o alto (tratamientos 1-2 y 7-8), ya que al combinarse dosis altas o bajas de estos factores (NP), la aplicación de ocho kg de rastrojo presentó un efecto detrimental sobre el valor del crecimiento de brotes (tratamientos 3-4 y 5-6, Cuadro 4.40). Destaca el hecho de que el testigo presentó el menor crecimiento de brotes

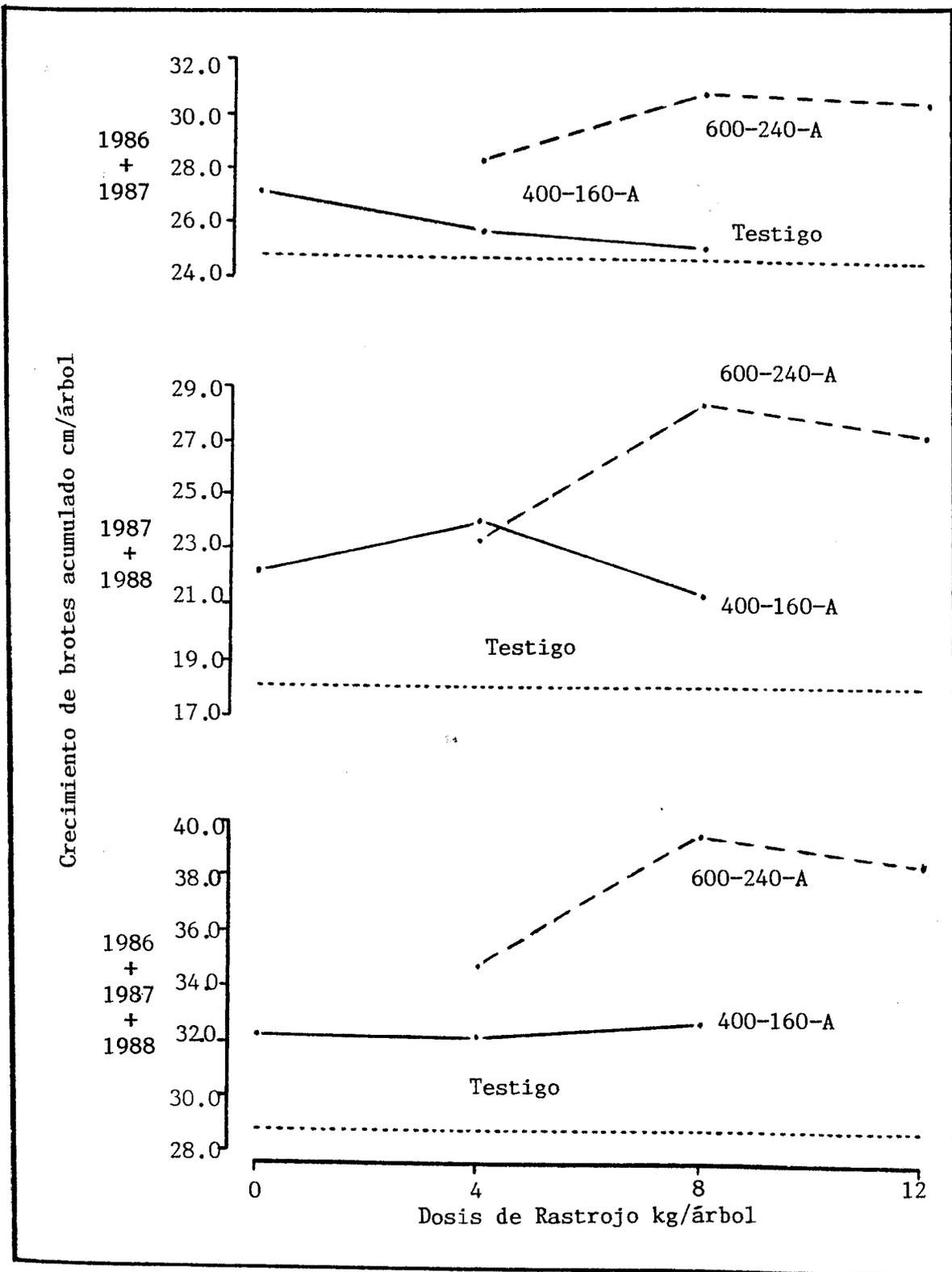


Figura 4.19. Crecimiento de brotes acumulado en función de cuatro dosis de rastrojo como acolchado. Manzano Golden Delicious/MM 111. Los Lirios, Coahuila. Ciclos 1986 + 1987, 1987 + 1988, y 1986 + 1987 + 1988.

durante este ciclo (4.01 cm), el cual fue superado en un 60 y en un 115 por ciento por la media general y el tratamiento que contiene la dosis de ocho kg de rastrojo respectivamente.

En la descripción de la respuesta al acolchado durante los dos primeros ciclos, durante los dos últimos, y en la respuesta general durante los tres años de estudio, se detectó que la aplicación del rastrojo promovió un mayor crecimiento solo cuando interactuaron 600 g de nitrógeno y 240 g de fósforo, lo cual refleja las interacciones positivas NA y AP reportadas en el análisis factorial (Cuadro 4.40); con dichos niveles de NP y ocho kg de rastrojo, se obtuvo la mayor longitud de brotes durante los tres períodos mencionados. El porcentaje de incremento que presentó el tratamiento 600-240-8 en relación al testigo, fue de 25.0, 57.0 y 37.6 por ciento para los períodos 86+87, 87+88, y 86-88 respectivamente (Figura 4.19).

En el análisis de correlación entre el crecimiento de brotes y las características físicas del suelo en 1987, solo se encontró significancia en la relación del valor de la densidad aparente con el crecimiento de brotes ajustado por covarianza (Cuadro 4.43), mientras que en 1988, la longitud de brotes correlacionó significativamente con el contenido de humedad en octubre 87 y con el Pw determinado en abril de 1988 (Cuadro 4.44).

Cuadro 4.43. Coeficientes de correlación entre el crecimiento de brotes y algunas características físicas del suelo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.

Característica 1987	Crecimiento de brotes 1987	
	Sin ajustar	Ajustado <sup>1</sup>
Densidad aparente	-0.303	-0.433*
Contenido de humedad	0.127	0.114

1 Ajustado por covarianza con el ASTT

Cuadro 4.44. Coeficientes de correlación entre el crecimiento de brotes y algunas características físicas del suelo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

Características 1988	Crecimiento de brotes 1988	
	Sin ajustar	Ajustado <sup>1</sup>
Contenido de humedad:		
Octubre 1987	0.469**	0.458*
Abril 1988	0.430*	0.434*
Mayo 1988	0.348	0.346
Septiembre 1988	0.178	0.172
Pw promedio 1988	0.379	0.378
Temperatura	-0.370	-0.362
Densidad aparente	-0.180	-0.172
Resistencia a la penetración		
0-10 cm	-0.040	-0.012
10-20 cm	-0.073	-0.082
20-30 cm	0.213	0.216
0-30 cm	0.094	0.098

1 Ajustado por covarianza con el ASTT

Al correlacionar las características químicas del suelo determinadas en 1987 con el crecimiento de brotes en ese ciclo, se encontró que solo el valor de los coeficientes para el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio soluble se

acercaron a la significancia estadística (Cuadro 4.45), sin embargo se encontró significancia al 0.10 de probabilidad en la correlación entre el potencial potasio-cálcico y el crecimiento de brotes ajustado por covarianza con el ASTT (Cuadro 4.46). Por otra parte, solo la concentración foliar de zinc y boro correlacionaron significativamente con esta característica en el ciclo 1987 (Cuadro 4.47).

Cuadro 4.45. Coeficientes de correlación entre el crecimiento de brotes y las características químicas del suelo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.

Característica 1987	Crecimiento de brotes 1987	
	Sin ajustar	Ajustado <sup>1</sup>
pH	0.039	0.295
C.E.	-0.001	-0.082
Carbonatos	-0.009	0.185
Materia orgánica	0.200	0.222
C.I.C.	-0.045	0.022
Nitrógeno total	0.380	0.261
Fósforo aprovechable	0.338	0.265
Potasio asimilable	0.110	0.140
Potasio soluble	0.337	0.350
Potasio intercambiable	0.170	0.152
Calcio soluble	-0.016	-0.090
Calcio intercambiable	-0.254	-0.295
Magnesio soluble	-0.014	-0.086
Magnesio intercambiable	0.213	0.290
Fierro	0.342	0.271
Manganeso	0.275	0.335
Cobre	-0.013	0.090
Zinc	0.005	0.104
Boro	-0.092	-0.012

1 Ajustado por covarianza con el ASTT

Cuadro 4.46. Coeficientes de correlación entre el crecimiento de brotes y los potenciales catiónicos en el suelo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.

Potenciales catiónicos 1987	Crecimiento de brotes 1987	
	Sin ajustar	Ajustado <sup>1</sup>
pK	-0.344	-0.353
pCa	-0.088	-0.012
pMg	-0.026	0.029
pK -0.5 pCa	-0.344	-0.417*
pK -0.5 pMg	-0.342	-0.390
pK -0.5 p(Ca+Mg)	-0.228	-0.311

1 Ajustado por covarianza con el ASOTT

Cuadro 4.47. Coeficientes de correlación entre el crecimiento de brotes y la concentración foliar de nutrimentos. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.

Concentración foliar 1987	Crecimiento de brotes 1987	
	Sin ajustar	Ajustado <sup>1</sup>
Nitrógeno	0.005	0.019
Fósforo	0.280	0.369
Potasio	0.256	0.304
Calcio	0.058	0.095
Magnesio	-0.334	-0.350
Fierro	0.105	0.185
Manganeso	-0.220	-0.144
Cobre	-0.057	-0.203
Zinc	0.469**	0.528**
Boro	-0.469**	-0.622***

1 Ajustado por covarianza con el ASTT

En 1988, el análisis de correlación entre el crecimiento de brotes y las características químicas del suelo, reportó coeficientes significativos solo para el contenido de carbonatos y de materia orgánica, sin embargo el potasio soluble y el potencial pK-0.5pMg también se acercaron a la significancia estadística (Cuadros 4.48 y 4.49).

Cuadro 4.48. Coeficientes de correlación entre el crecimiento de brotes y las características químicas del suelo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

Característica 1988	Crecimiento de brotes 1988	
	Sin ajustar	Ajustado <sup>1</sup>
pH	0.004	0.001
C.E.	-0.005	0.007
Carbonatos	-0.427 *	-0.420*
Materia orgánica	-0.552 **	-0.569**
C.I.C.	0.264	0.249
Nitrógeno total	-0.053	-0.051
Fósforo aprovechable	-0.071	-0.083
Potasio asimilable	0.213	0.225
Potasio soluble	0.327	0.332
Potasio intercambiable	0.056	0.051
Calcio soluble	-0.016	-0.005
Calcio intercambiable	-0.151	-0.155
Magnesio soluble	0.057	0.067
Magnesio intercambiable	0.071	0.066
Fierro	0.133	0.130
Manganeso	-0.127	-0.123
Cobre	-0.140	-0.131
Zinc	-0.133	-0.123
Boro	0.088	0.094

1 Ajustado por covarianza con el ASTT

Cuadro 4.49. Coeficientes de correlación entre el crecimiento de brotes y los potenciales catiónicos en el suelo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

Potenciales catiónicos 1988	Crecimiento de brotes 1988	
	Sin ajustar	Ajustado <sup>1</sup>
pK	-0.295	-0.304
pCa	-0.151	-0.158
pMg	-0.144	-0.153
pK-0.5pCa	-0.301	-0.311
pK-0.5pMg	-0.326	-0.338
pK-0.5pCa+Mg	-0.316	-0.325

1 Ajustado por covarianza con el ASTT

En relación al contenido foliar de nutrimentos, el análisis correspondiente indicó que el crecimiento de brotes en 1988, correlacionó significativamente con la concentración foliar de fósforo y potasio en 1987, y solo con el contenido foliar de este último elemento en 1988. (cuadro 4.50 y 4.51).

Cuadro 4.50. Coeficientes de correlación entre el crecimiento de brotes en 1988 y la concentración foliar de nutrimentos en 1987. Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila.

Concentración foliar 1987	Crecimiento de brotes 1988	
	Sin ajustar	Ajustado <sup>1</sup>
Nitrógeno	0.376	0.389
Fósforo	0.485*	0.493**
Potasio	0.457*	0.441*
Calcio	0.115	0.125
Magnesio	0.227	0.232
Fierro	-0.172	-0.173
Manganeso	-0.002	0.021
Cobre	-0.283	-0.291
Zinc	0.107	0.080
Boro	0.189	0.201

<sup>1</sup> Ajustado por covarianza con el ASTT

Cuadro 4.51. Coeficientes de correlación entre el crecimiento de brotes y la concentración foliar de nutrimentos. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

Concentración foliar 1988	Crecimiento de brotes 1988	
	Sin ajustar	Ajustado <sup>1</sup>
Nitrógeno	0.049	0.019
Fósforo	0.231	0.240
Potasio	0.477**	0.488**
Calcio	0.182	0.187
Magnesio	0.187	0.169
Fierro	0.022	0.003
Manganeso	0.277	0.278
Cobre	-0.242	-0.246
Zinc	0.187	0.173
Boro	0.279	0.251

En la interpretación de la longitud de brotes obtenida durante los tres años de evaluación, se debe considerar que el crecimiento óptimo para un ciclo en particular está en función de la edad, el portainjerto, la variedad, las prácticas de poda, y el nivel de producción del árbol, así como del nivel de fertilidad y/o fertilización del suelo (Elfving, 1988), lo cual servirá de base para la discusión de esta característica.

En 1987 donde se obtuvo el mayor crecimiento de brotes por año, se observó que la media general para esta variable superó en un 65.4 por ciento al valor obtenido en 1986 y en un 160 por ciento al observado en 1988, siendo los valores correspondientes de 10.11, 16.72, y 6.42 cm para los ciclos 86, 87 y 88 respectivamente.

Aún cuando se acepta que en árboles caducifolios es necesario algún crecimiento vegetativo para mantener el vigor, renovar la madera, y para lograr un rendimiento y tamaño de frutos satisfactorio, se debe considerar que dicho crecimiento no debe alcanzar niveles excesivos debido a que esto podría afectar la floración y el amarre de frutos, lo que a su vez reduce el rendimiento comercial y la calidad de la cosecha (Elfving, 1988). Lo anterior coincide con lo señalado por Calderón (1987), quien reporta que ambos procesos (crecimiento y diferenciación) son antagónicos en algún momento del desarrollo del árbol.

En base a las correlaciones positivas entre el crecimiento de brotes y el rendimiento de frutos total y por categoría encontrados en esta evaluación, y de acuerdo a los conceptos expresados por Elfving (1988) quien indica que un crecimiento de brotes excesivo puede ser definido como el nivel de crecimiento que provoca una disminución en el valor del rendimiento, se definió en la presente investigación que en ningún período de estudio la longitud de brotes llegó a considerarse como excesiva. En apoyo a lo anterior, existió la circunstancia de que en los ciclos 1986 y 1987, y a consecuencia de las heladas tardías que se presentaron en el período de floración, el rendimiento de frutos fue extremadamente bajo, por este motivo, el crecimiento de brotes durante dichos períodos en ningún caso podría considerarse como excesivo, ya que en la definición de este término se incluye de manera determinante su efecto sobre el valor de la producción, la cual fue muy baja como ya se mencionó anteriormente.

En el ciclo 1988, donde la media general de rendimiento fue de 25.2 ton/ha, se observó que el valor del crecimiento de brotes se redujo en un 61.6 por ciento en relación a 1987. Al respecto, diversos autores han señalado que una alta producción de fruta está relacionada con una disminución en el crecimiento vegetativo (Evequoz et al., 1982; Hansen, 1980; Ohme y Lüdders, 1984; Erf y Proctor, 1987; Elfving, 1988), esto se debe a que bajo condiciones de

alta producción, un gran porcentaje de la materia seca producida es translocada hacia los frutos, lo cual reduce considerablemente el suministro y la acumulación de materia seca en todos los demás órganos del árbol (Hansen, 1980).

En un estudio de nueve años sobre las relaciones antagónicas entre el crecimiento y la producción del manzano, Evequoz et al. (1982) encontraron que el rendimiento de fruto redujo en un 50 por ciento el crecimiento vegetativo de la variedad Golden Delicious sobre patrón M.9, y en 35 por ciento sobre el patrón MM111. Resultados similares fueron reportados por Erf y Proctor (1987), quienes encontraron que el crecimiento de brotes se redujo en un 34 por ciento por efecto de la carga de frutos. En base a estos reportes, se consideró que el rendimiento de frutos obtenido en 1988, fue el factor determinante en el valor de la media general para el crecimiento de brotes observado en ese ciclo.

Además de las razones que describe Elfving (1982) sobre la importancia de obtener un adecuado nivel de crecimiento en manzano, se agrega el hecho de que en Golden Delicious Johnson y Lakso (1985) encontraron que el valor de la longitud de brotes correlaciona linealmente con el área foliar del árbol (Cuadro 4.52); la trascendencia de esta relación radica en el hecho de que en esta misma variedad, se requiere una área foliar de 190 a 230 cm<sup>2</sup> por fruto para abastecer adecuadamente los requerimientos del mismo (Hansen,

1969). Estos antecedentes así como el nivel de producción alcanzado en 1988 donde en promedio se obtuvieron 579 frutos por árbol, nos permite valorar la importancia que tiene el crecimiento de brotes sobre el desarrollo y el rendimiento del manzano.

Cuadro 4.52. Ecuaciones de regresión para estimar el área foliar en función de la longitud y el tipo de brote en manzano Golden Delicious. (Johnson y Lakso, 1985).

Tipo de brote	Ecuación	R <sup>2</sup>
Brote en crecimiento <sup>1</sup>	$Y = 25.5 + 9.7(x)$	0.94
Brote en crecimiento (1-20 cm)	$Y = 15.4 + 14.5(x)$	0.90
Brote con yema floral apical	$Y = 63.5 + 10.0(x)$	0.93

Y= Area foliar por brote

1 Incluidos todos los brotes

Al igual que en la discusión para la variable IASTT, se analizarán a continuación los resultados más relevantes de los análisis foliares y de suelo, así como los obtenidos en la prueba de fertilización.

En relación al análisis de suelos, el contenido de humedad y el valor de la densidad aparente fueron las únicas características físicas que influyeron significativamente sobre esta variable. El efecto de la humedad del suelo sobre los índices de crecimiento del manzano está ampliamente documentado en la literatura; la mayoría de los autores, coinciden en señalar que un alto potencial hídrico en el

suelo generalmente está relacionado con un mayor crecimiento de brotes en manzano (Salisbury y Ross, 1978; Landsberg y Jones, 1981; González, 1989; Ruíz, 1989), una explicación a este fenómeno se encuentra en las investigaciones de Schneider y Childers (1941), los cuales reportaron que la tasa de fotosíntesis se incrementa con el contenido de humedad hasta un valor cercano a la capacidad de campo. De lo anterior se deduce, que el efecto primario del contenido de humedad sobre el proceso de fotosíntesis es lo que finalmente influye sobre el valor del crecimiento en manzano (Cripps, 1971; Landsberg y Jones, 1981).

El proceso por el cual el contenido de humedad afecta la tasa de fotosíntesis, está relacionado con los mecanismos que regulan la apertura y cierre estomáticos (González, 1989; Landsberg y Jones, 1981) los cuales ya fueron analizados en la discusión de la variable IASTT.

Por otra parte, la correlación significativa y negativa con el valor de la densidad aparente, corrobora que la condición física del suelo no es del todo favorable para el crecimiento del cultivo tal como se discutió para la variable IASTT, y en la cual en base a las investigaciones de Wiersum (1980), se definió que una condición física desfavorable reduce la captación de agua y nutrimentos, lo que a su vez afecta la tasa de fotosíntesis y en consecuencia el nivel de crecimiento del árbol.

Desde el punto de vista químico del análisis de suelos, se observó nuevamente que el contenido de potasio fue la variable que más consistencia mostró en el análisis de correlación; en 1987 aún cuando el valor del coeficiente para potasio soluble fue superado ligeramente por el correspondiente a nitrógeno, fósforo y fierro, en la correlación con el crecimiento de brotes ajustado por covarianza, la expresión de dicho elemento en forma de potencial potasio-cálcico si se asoció significativamente con esta característica, mientras que en 1988 solo el nivel de carbonatos y de materia orgánica correlacionaron significativamente con esta variable; no obstante, el valor del coeficiente para potasio soluble y para el  $pK - 0.5pMg$  también se acercó a la significancia estadística.

Con respecto al análisis foliar, aún cuando en 1987 solo la concentración de zinc y boro presentaron coeficientes significativos, los análisis de correlación mostraron al potasio como uno de los elementos que más se asoció con el crecimiento de brotes, ya que en el mismo ciclo 87 se obtuvieron buenas correlaciones con este nutrimento y además con el contenido de fósforo y magnesio.

Por otra parte, el crecimiento de brotes en 1988 correlacionó significativamente con la concentración foliar de potasio en 1987 y 1988, destacando el hecho de que este

nutrimento fue el único que se asoció significativamente con esta característica en este último ciclo.

En relación a la prueba de fertilización, se detectó una respuesta positiva para la aplicación de potasio hasta un nivel de 300 g por árbol, ya que una dosis de 600 g de este elemento provocó efectos detrimentales sobre el crecimiento de brotes, los cuales fueron significativos en el período 86+87 y 87+88.

En el análisis general del comportamiento de esta variable en relación a la aplicación de nitrógeno y de acuerdo a la metodología sugerida por Smith (1986), se observó en 1986 que a pesar de que el diagnóstico foliar ubicó a este elemento en niveles superiores al óptimo, en la prueba de fertilización se encontró una respuesta positiva a su aplicación, mientras que en 1987, el análisis de suelos diagnosticó una posible respuesta a la fertilización nitrogenada, lo cual fue corroborado en los análisis de correlación y en la prueba de fertilización. En 1988, el diagnóstico foliar ubicó al nitrógeno en condición de deficiencia en la mayoría de los casos lo mismo que el análisis de suelos, sin embargo el contenido edáfico de este elemento correlacionó negativamente con esta característica y el coeficiente para el N foliar fue muy bajo, mientras que en la prueba de fertilización, se obtuvo un efecto factorial negativo para la aplicación de este elemento.

Para el caso del fósforo, tanto el análisis de suelos como el diagnóstico foliar, así como los análisis de correlación y la prueba de fertilización, coincidieron en señalar una respuesta positiva para la aplicación de este elemento en los tres ciclos de evaluación, y solo en 1988 el análisis de correlación con el contenido de fósforo en el suelo presentó un coeficiente negativo (-0.071).

Dado que no es posible establecer algún tipo de jerarquización entre las diferentes manifestaciones del crecimiento vegetativo en manzano, se estableció que tanto el crecimiento de brotes como el IASTT son procesos igualmente importantes para el desarrollo del árbol, por este motivo, la interpretación del crecimiento de brotes en relación a la fertilización nitrofosfatada, se ubicó en el mismo contexto que la discusión para el IASTT, y base a este criterio, se determinó que los requerimientos de nitrógeno y fósforo fueron mayores durante 1986 y 1987, debido principalmente a la mayor acumulación de materia seca en las hojas durante esos dos ciclos. Por el contrario, dicho proceso de acumulación fue menor en 1988, lo cual se reflejó en un menor requerimiento de nutrimentos durante este último ciclo.

Al respecto Hansen (1980) indica que en árboles con fruto, la absorción total de nitrógeno y fósforo se reduce hasta en un 50 por ciento comparada con la de árboles sin fruto, y añade que esto podría estar relacionado con el hecho

de que los frutos (los cuales constituyen la mayor parte de la materia seca en árboles en producción) tienen una concentración de nitrógeno y fósforo mucho menor que la encontrada en los crecimientos nuevos de árboles sin fruto.

De lo anterior se deduce que la posibilidad de una respuesta a la fertilización nitrofosfatada, se basa en el hecho de que la absorción y translocación de nutrimentos dentro del árbol, y su acumulación en los diferentes órganos tanto en cantidades absolutas como en relación a la materia seca, está fuertemente afectada por el patrón de crecimiento y producción del árbol. Para el diagnóstico de dicha respuesta, se debe considerar que el análisis de suelo no es una guía satisfactoria para recomendar fertilización en árboles frutales y forestales, debido principalmente a la dificultad para determinar con precisión el estrato del cual los árboles absorben la mayoría de sus nutrimentos. Por este motivo, el análisis vegetal sigue siendo el mejor método para este propósito, sin embargo se debe considerar que la relación entre la concentración nutrimental y el rendimiento, forma la base de la mayoría de los esquemas para el uso del análisis foliar en la evaluación del estado nutricional de las plantas, y por lo tanto resulta muy difícil diagnosticar -con rangos óptimos que por lo general fueron obtenidos en base al rendimiento de frutos-, las posibles deficiencias de N y P para un proceso tan diferente como el crecimiento vegetativo, esto asumiendo que la concentración de

nutrimentos que resulta óptima para el crecimiento no lo es necesariamente para el rendimiento, ya que existen marcadas diferencias en la concentración óptima de nutrimentos en los diferentes órganos de la planta y por lo tanto en la demanda de los mismos, lo cual influye sobre el requerimiento total así como en la competencia entre los diferentes órganos y/o procesos del árbol (Hansen, 1980).

En base a lo anterior y para fines de diagnóstico, se estableció en esta investigación que en ausencia de frutos (o producción muy baja de éstos), cualquier referencia que se extrapole para interpretar el análisis foliar en La Sierra de Arteaga, tenderá en mayor o menor grado a sobre-estimar la concentración foliar de fósforo y de nitrógeno, sin embargo, aún así es factible encontrar respuestas en crecimiento para la aplicación de estos insumos aunque éstas no sean estadística o económicamente significativas. Por otra parte, si bien se reconoce la importancia del análisis foliar en la determinación de las necesidades de fertilización, aún no es posible predecir con algún grado de precisión, la cantidad de fertilizante que se necesita añadir para cambiar la condición nutricional de un árbol desde un nivel de deficiencia a uno óptimo, y por lo tanto el método de ensayo y error es todavía la mejor técnica para este propósito (Bould, 1970).

## Rendimiento de Fruto

En el análisis de varianza para el número y peso total de frutos y por categoría, se registraron diferencias al 0.05 de probabilidad en el número de frutos extra, y en el número y peso de frutos de tercera en 1987, así como diferencias al 0.05 en el número y peso de frutos de categoría primera en el ciclo 1988. En la comparación del testigo contra el resto de los tratamientos en la prueba de contrastes ortogonales, solo se encontraron diferencias altamente significativas en la producción de frutos de tercera en 1987 (Cuadro 4.53).

Cuadro 4.53. Cuadrado medio del error (CME) y F calculada (Fc) en el ANVA para la variable rendimiento total de fruto y por categorías. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987 y 1988.

Rendimiento de frutos	CME		F calculada			
			ANVA		Contraste	
	1987	1988	1987	1988	1987	1988
Número total	392.00	18756.0	1.35 <sup>ns</sup>	0.91 <sup>ns</sup>	2.03 <sup>ns</sup>	0.16 <sup>ns</sup>
Peso total	3.95	117.1	1.03 <sup>ns</sup>	1.16 <sup>ns</sup>	1.33 <sup>ns</sup>	0.38 <sup>ns</sup>
No. extra	44.14	501.2	1.94 <sup>*</sup>	1.14 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	0.16 <sup>ns</sup>
Peso extra	0.89	8.5	1.77 <sup>ns</sup>	1.20 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	0.12 <sup>ns</sup>
No. primera	39.81	842.8	0.90 <sup>ns</sup>	2.77 <sup>*</sup>	0.47 <sup>ns</sup>	0.38 <sup>ns</sup>
Peso primera	0.48	10.9	1.01 <sup>ns</sup>	2.65 <sup>*</sup>	0.48 <sup>ns</sup>	0.13 <sup>ns</sup>
No. segunda	52.84	13938.0	0.86 <sup>ns</sup>	0.98 <sup>ns</sup>	2.54 <sup>ns</sup>	0.10 <sup>ns</sup>
Peso segunda	0.36	85.9	0.84 <sup>ns</sup>	0.83 <sup>ns</sup>	2.70 <sup>ns</sup>	0.46 <sup>ns</sup>
No. tercera	18.21	1044.0	1.94 <sup>*</sup>	0.78 <sup>ns</sup>	10.91 <sup>**</sup>	0.52 <sup>ns</sup>
Peso tercera	0.06	3.1	1.98 <sup>*</sup>	0.68 <sup>ns</sup>	12.84 <sup>**</sup>	0.25 <sup>ns</sup>

En el análisis factorial para esta variable, en 1987 se observó efecto significativo de la aplicación de nitrógeno

sobre el rendimiento total de frutos y sobre el peso de frutos de categoría extra, primera y tercera; también en este ciclo, se observó efecto factorial significativo del acolchado y de la interacción AP sobre el peso de frutos de categoría extra, y efecto significativo del fósforo sobre el peso de frutos de tercera.

En la comparación hacia las prolongaciones de la matriz, la aplicación de 80 g de  $P_2O_5$  y cero kg de rastrojo disminuyeron significativamente el peso de frutos de primera; 320 g de fósforo promovieron la mayor producción de frutos de tercera, y 600 g de  $K_2O$  redujeron estadísticamente el rendimiento de frutos de categoría extra (Cuadro 4.54).

En relación a la cantidad de frutos producida en 1987, la aplicación de nitrógeno afectó significativamente el número total de frutos y de categoría extra, primera y tercera; el fósforo lo hizo con el número total de frutos y con el número de frutos de tercera, mientras que la aplicación del acolchado y la interacción AP, afectaron significativamente el número de frutos de categoría extra.

En la comparación hacia las prolongaciones de la matriz, solo en la categoría de primera la aplicación de cero kg de rastrojo presentó un número de frutos significativamente menor (Cuadro 4.55).

Cuadro 4.54. Efectos factoriales medios (EFM) y diferencia de medias en el análisis factorial para la variable rendimiento (R) de fruto total y por categoría, Manzana Var. Golden Delicious/MMIII. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.

N	P	A	Notación Yates	R. Total kg/a		R. Extra. kg/a		R. de 1a. kg/a		R. de 2a kg/a		R. de 3a. kg/a		
				$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$
1	400	160	4	[(1)]	4.119	3.986	1.900	1.726	1.187	1.170	0.619	0.734	0.213	0.230
2	400	160	8	[A]	4.100	0.241	1.975	0.567*	1.138	0.016	0.525	-0.209	0.144	-0.083
3	400	240	4	[P]	4.738	0.937	1.207	0.323	1.394	0.328	1.231	0.322	0.419	0.161*
4	400	240	8	[AP]	6.481	0.531	3.138	0.645*	1.888	0.091	0.950	-0.106	0.469	0.011
5	600	160	4	[N]	3.206	-1.747*	1.306	-0.845*	0.900	-0.463*	0.631	-0.194	0.181	-0.161*
6	600	160	8	[NA]	2.644	-0.622	1.076	-0.248	0.800	-0.206	0.519	-0.022	0.063	-0.074
7	600	240	4	[NP]	3.400	-0.562	0.981	-0.098	1.169	-0.150	0.875	-0.197	0.275	-0.105
8	600	240	8	[NPA]	3.200	-0.350	1.850	-0.095	0.888	-0.181	0.525	-0.013	0.080	-0.049
				EMS		1.178		0.558		0.410		0.353		0.142
9	200	160	4		2.518		0.887		0.950		0.488		0.194	
10	800	240	8		2.194		0.987 ns		0.731		0.300		0.125	
11	400	80	4		2.925		1.144		0.588*		0.788		0.313	
12	600	320	8		4.775		1.806		1.613*		0.794		0.463*	
13	400	160	0		1.700		0.706		0.519*		0.219		0.125	
14	600	240	12		3.931		2.194		1.175		0.506		0.056	
				K <sub>2</sub> O										
15	600	240	8	0	3.144		1.163		1.075		0.525		0.250	
16	600	240	8	600	1.538		0.569*		0.813		0.538		0.369	
				DMS	2.116		1.158		0.737		0.634		0.268	
17	0	0	0		3.959		1.578		0.509		0.738		0.422	

\* efecto factorial significativo



En 1988 se observó efecto factorial significativo del fósforo sobre el peso total de frutos y de categoría extra y primera; la interacción NA también afectó significativamente la producción de extra y primera, y la interacción NP el rendimiento total y la producción de frutos de segunda y tercera; la interacción NPA incrementó estadísticamente la producción de frutos de primera. En la comparación hacia las prolongaciones de la matriz, la aplicación de 800 g de nitrógeno y 320 g de fósforo promovieron un menor rendimiento de frutos extra y primera, esta última dosis también se asoció con el mayor peso de frutos de tercera. Los tratamientos 15 y 16 con los cuales se evaluó la respuesta a cero y 600 g de  $K_2O$ , disminuyeron significativamente el peso de frutos de primera (Cuadro 4.56).

Con respecto a la cantidad de frutos, tanto la aplicación de fósforo como la interacción NA, presentaron efecto factorial significativo sobre el número de frutos de categoría extra y primera, así mismo, la interacción NP afectó significativamente el número de frutos de segunda y tercera así como el número de frutos total, mientras que la interacción NPA influyó sobre la producción de frutos de primera. En la comparación hacia las prolongaciones de la matriz, se observó significancia con los mismos factores y niveles que se mencionaron en el análisis factorial para el peso de frutos (Cuadro 4.57).

Quadro 4.56. Efectos factoriales medios (EFM) y diferencia de medias en el análisis factorial para la variable rendimiento (R) de fruto total y por categoría. Manzano Var. Golden Delicious/MMLII. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

N	P	A	Notación Yates	R. Total kg/a		R. Extra kg/a		R. 1a. kg/a		R. 2a. kg/a		R. 3a. kg/a		
				$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$	EFM	$\bar{X}$
1	400	160	4	[ (J) ]	44.940	53.261	4.088	4.486	6.825	9.220	31.490	36.272	2.538	2.934
2	400	160	8	[ A ]	47.008	2.511	3.150	1.034	6.825	0.749	34.958	0.432	2.075	-0.400
3	400	240	4	[ P ]	61.788	6.781*	4.875	1.778*	12.063	4.441*	41.575	0.133	3.275	-0.268
4	400	240	8	[ AP ]	57.603	0.168	3.550	0.678	8.300	0.572	39.975	- 1.679	2.988	-0.100
5	600	160	4	[ I N ]	52.460	0.854	2.750	1.140	7.000	1.434	38.810	- 1.454	3.900	0.431
6	600	160	8	[ NA ]	55.078	3.569	4.400	2.165*	7.350	2.628 *	39.565	- 0.502	3.763	-0.025
7	600	240	4	[ NP ]	48.838	- 6.941*	4.163	1.184	9.500	1.084	32.350	- 7.418*	2.825	-1.093*
8	600	240	8	[ NPA ]	58.380	3.294	8.913	0.872	15.900	2.453*	31.455	0.854	2.113	-0.187
				EMS		6.417		1.731		1.957		5.497		1.039
9	200	160	4		40.790		2.463		6.038		29.010		3.288	
10	800	240	8		49.593		2.400 *		5.663 *		37.930		3.600	
11	400	80	4		46.858		4.050		7.075		33.293		2.438	
12	600	320	8		50.065		2.675 *		7.250 *		35.625		4.513 *	
13	400	160	0		45.585		3.550		6.075		32.910		3.050	
14	600	240	12		57.655		6.475		12.450		36.680		2.050	
15	600	240	8	K <sub>2</sub> O			4.925		9.425 *		36.685		2.875	
16	600	240	8	0	43.283		5.525		10.725 *		25.130		1.903	
				600										
				DMS	13.303		4.144		4.686		11.397		2.155	
17	0	0	0		54.315		4.77		8.05		38.09		3.40	

\* efecto factorial significativo

Cuadro 4.57. Efectos factoriales medios (EFM) y diferencia de medias en el análisis factorial para la variable número de frutos total y por categoría. Manzano Golden Delicious/NM-111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

N	P g/árbol	Notación A yates	Total		Extra		NUMERO DE FRUTOS POR ARBOL		Tercera					
			X	EFM	X	EFM	X	EFM	X	EFM				
1	400	160	4	(1)	526.25	599.0	31.50	34.0	64.00	84.0	379.25	433.00	51.50	51.40
2	400	160	B	A	507.25	4.06	24.25	6.93	62.00	6.94	410.75	6.19	35.50	9.69
3	400	240	4	P	683.00	44.56	38.50	13.43*	107.75	39.81*	478.00	-4.56	58.75	-10.44
4	400	240	8	AP	673.75	0.87	27.00	4.56	77.25	6.93	516.00	-5.44	53.50	2.58
5	600	160	4	N	637.50	3.31	21.25	7.93	63.75	12.06	479.50	-26.19	73.00	3.19
6	600	160	8	NA	636.75	18.19	33.25	16.31*	65.75	23.19*	471.25	-28.56	66.50	0.94
7	600	240	4	NP	542.00	-117.06*	32.00	8.56	85.75	10.31	382.50	-105.56*	41.75	23.06
8	600	240	8	NPA	587.25	9.06	66.50	6.68	144.00	21.19*	346.00	8.69	30.75	-3.81
				EMS		81.19		13.27		17.21		69.99		19.15
9	200	160	4		479.75		20.75		54.25		345.75		59.00	
10	800	240	8		591.25		19.00*		51.25*		453.50		67.50	
11	400	80	4		540.75		32.25		64.00		399.25		45.25	
12	600	320	8		647.00		20.75*		66.75*		479.75		79.75*	
13	400	160	0		534.25		27.50		54.50		398.75		53.50	
14	600	240	12		616.00		50.00		112.25		418.75		35.00	
15	600	240	8	K <sub>2</sub> O	605.50		38.00		86.00*		429.50		52.00	
16	600	240	8	0	456.50		44.50		96.25*		283.00		32.75	
17	0	0	0	OMS	168.34		31.77		41.20		145.11		39.73	
					578.25		32.50		71.50		419.00		55.00	
				Media General	579.00		32.91		78.06		417.00		52.41	

\* Efecto factorial significativo

En la descripción del efecto que ejercieron los factores evaluados sobre el rendimiento de fruto, se debe considerar que la producción fue muy baja durante los dos primeros ciclos; González (1989) atribuyó el bajo rendimiento de 1986 a un efecto combinado de la alternancia, al bajo porcentaje de brotación, y a las heladas tardías que se presentaron en la última semana de marzo, este último fenómeno también causó graves daños a la producción de 1987, ya que se presentaron temperaturas de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  el día 30 de marzo fecha en que los árboles se encontraban en plena etapa de brotación. Por el contrario, en 1988 donde no existieron heladas tardías ni granizadas, y la condición fitosanitaria de los frutos fue óptima, el rendimiento fue excepcionalmente alto, sin embargo en términos de calidad de fruta, se puede considerar que dicha producción fue excesiva. La consideración anterior, se basa en el hecho de que los árboles de manzano no poseen una capacidad ilimitada para desarrollar frutos de buena calidad, sino que más bien la cantidad de frutos de categorías superiores pasa por un óptimo cuyo valor disminuye a medida que el número total de frutos por árbol se incrementa, lo cual se puede corroborar con los datos de los Cuadros 4.55 y 4.57, en los cuales se aprecia que en 1987 donde el número de frutos por árbol fue solo un 5.53 por ciento de los obtenidos en 1988, la cantidad de frutos de categoría extra representó un 32.58 por ciento del total, mientras que los frutos de categoría primera, segunda y tercera, representaron porcentajes de 29.86, 22.96

y 12.31 por ciento respectivamente; por el contrario, en 1988 la proporción de frutos de categoría extra fue solo un 5.68 por ciento del total, mientras que las categorías primera, segunda y tercera, representaron un 13.48, 72.02 y 9.05 por ciento del total de frutos respectivamente. De la información anterior, destaca el hecho de que aún cuando en 1988 se obtuvieron en promedio 579 frutos por árbol, la proporción de éstos que se ubicaron en la categoría tercera fue menor que la obtenida en 1987, donde el número total de frutos fue en promedio de 32.01 frutos por árbol.

En los coeficientes de correlación entre el rendimiento total y el número y peso de frutos por categoría reportados en el Cuadro 4.58, se aprecia que tanto en 1987 como en 1988 la producción obtenida fue una función del número total de frutos producida, sin embargo, en 1987 el número y peso de frutos por categoría contribuyó más significativamente con el rendimiento total que en 1988, esto incluyendo el número y peso de frutos de tercera de los cuales se obtuvieron 3.94 frutos en promedio durante ese ciclo. Por el contrario, en 1988 el número y peso de frutos de tercera no se asoció significativamente con el rendimiento total no obstante que en promedio se obtuvieron 52.41 frutos de esta categoría por árbol; es decir, un 63.73 por ciento más que el número total de frutos cosechado en 1987.

En 1988 el peso de frutos de segunda fue la categoría que más se asoció con el rendimiento total en ese ciclo, sin embargo aún cuando el número de frutos de segunda representó un 72.02 por ciento del total, su coeficiente de correlación fue menor que el obtenido con el número y peso de frutos extra y primera durante 1987.

Cuadro 4.58. Coeficientes de correlación entre el rendimiento de frutos por árbol y el número y peso de frutos por categoría. Los Lirios, Coahuila. Ciclos 1987 y 1988.

Variables de producción	Rendimiento total por árbol	
	r 1987	r 1988
No. total de frutos	0.959 <sup>***</sup> 0.000 <sup>1</sup>	0.865 <sup>***</sup> 0.000
No. de frutos extra	0.883 <sup>***</sup> 0.000	0.471 <sup>**</sup> 0.048
Peso de frutos extra	0.830 <sup>***</sup> 0.000	0.493 <sup>**</sup> 0.037
No. de frutos de primera	0.942 <sup>***</sup> 0.000	0.598 <sup>***</sup> 0.008
Peso de frutos de primera	0.918 <sup>***</sup> 0.000	0.603 <sup>***</sup> 0.008
No. de frutos de segunda	0.673 <sup>***</sup> 0.002	0.553 <sup>**</sup> 0.017
Peso de frutos de segunda	0.689 <sup>***</sup> 0.001	0.722 <sup>***</sup> 0.000
No. de frutos de tercera	0.586 <sup>***</sup> 0.010	0.076 1.000
Peso de frutos de tercera	0.529 <sup>**</sup> 0.023	0.130 1.000

1 Nivel de significancia

Las consideraciones anteriores apoyan la suposición de que en el ciclo 1988 el número de frutos producido rebasó la capacidad del árbol para desarrollarlos adecuadamente, lo cual actuó en contraposición al objetivo de mejorar la calidad de frutos, calidad que en términos de producción anual (no de los factores evaluados), estuvo supeditada en última instancia a la capacidad física del árbol para sostener la carga durante ese ciclo, ya que si bien se obtuvieron en promedio 417 frutos de segunda por árbol lo cual a simple vista no habla muy bien del nivel de calidad alcanzado, también es cierto que fue necesario colocar espalderas y soportes de madera junto al líder central del árbol, esto con el fin de evitar que las ramas se resquebrajaran con el peso de los frutos; la necesidad de estas prácticas constituye un reflejo objetivo del nivel de producción alcanzado en 1988, donde además, se considera que si tan solo el número de frutos de segunda hubiese desarrollado a la categoría siguiente, el rendimiento se hubiera incrementado en 11.01 kg por árbol, es decir en un 21.6 por ciento, incremento en producción que difícilmente hubiera podido sostener el árbol.

Aún cuando los efectos de una excesiva carga de frutos puede atenuarse mediante prácticas de aclareo, en base al marcado efecto que ejerce esta práctica sobre el patrón de crecimiento y producción de los árboles, se determinó que no era técnicamente posible introducir esta fuente de variación

sin que se alterara de alguna manera el patrón de respuesta a los factores evaluados, por este motivo y ante la imposibilidad de definir un criterio que nos permitiera eliminar cierta cantidad de frutos sin eliminar el efecto de los tratamientos evaluados, se optó por no introducir dicha fuente de variación en esta investigación.

El análisis de correlación entre el rendimiento y la longitud de brotes, el área de la sección transversal del tronco y el IASTT, nos permitió obtener una idea clara del efecto que ejercieron las características físicas del árbol sobre la cantidad y calidad de los frutos producida; en 1987 no se obtuvo correlación significativa entre el rendimiento y el crecimiento de brotes (Cuadro 4.59), sin embargo el número y peso de frutos extra y de segunda correlacionaron con el IASTT y con el ASTT respectivamente (Cuadro 4.60), lo cual indica la poca importancia que tiene el nivel de reservas del árbol bajo una condición de baja producción como la obtenida en ese ciclo.

Destaca en estas correlaciones, el hecho de que los coeficientes obtenidos con el crecimiento de brotes ajustado por covarianza fueron menores que los observados con datos sin ajustar y que además, ambas características correlacionaron negativamente con el número y peso de frutos de tercera.

Cuadro 4.59. Coeficientes de correlación entre el rendimiento de frutos y la longitud de brotes. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.

Rendimiento de frutos 1987	Crecimiento de brotes 1987	Ajustado <sup>1</sup>
No. total de frutos	0.093	0.066
Peso total de frutos	0.116	0.076
No. de frutos extra	0.296	0.225
Peso de frutos extra	0.234	0.162
No. de frutos de primera	0.117	0.106
Peso de frutos de primera	0.116	0.108
No. de frutos de segunda	-0.012	-0.001
Peso de frutos de segunda	-0.010	-0.003
No. de frutos de tercera	-0.220	-0.219
Peso de frutos de tercera	0.063	0.039

1 Ajustado por covarianza con el ASTT

Cuadro 4.60. Coeficientes de correlación entre el rendimiento de frutos, el área de la sección transversal del tronco (ASTT) y su incremento (IASTT). Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.

Rendimiento de frutos 1987	ASTT	IASTT	IASTT ajustado <sup>1</sup>
No. total de frutos	0.34	0.250	0.040
Peso total de frutos	0.29	0.310	0.140
No. de frutos extra	0.21	0.454*	0.371
Peso de frutos extra	0.21	0.444*	0.353
No. de frutos de primera	0.24	0.240	0.095
Peso de frutos de primera	0.24	0.294	0.158
No. de frutos de segunda	0.42*	0.088	-0.192
Peso de frutos de segunda	0.43*	0.063	-0.225
No de frutos de tercera	0.31	-0.066	-0.292
Peso de frutos de tercera	0.29	-0.116	-0.332
Rendimiento total ajustado	0.19	0.242	0.096

1 Ajustado por covarianza con el ASTT

En 1988 la producción de frutos de categoría extra y primera correlacionó significativamente con el crecimiento de brotes en ese ciclo lo mismo que con el obtenido en 1987, este último también correlacionó con el peso total de frutos (Cuadro 4.61). Una hipótesis razonable para explicar los coeficientes obtenidos, nos indica que para un número definido de frutos por árbol a medida que se incrementa la longitud del brote el tamaño del fruto tiende a desarrollar a categorías superiores, es decir, que un mayor crecimiento de brotes se asocia significativamente con un menor número de frutos de tercera lo cual explica los coeficientes negativos encontrados.

Cuadro 4.61. Coeficientes de correlación entre el rendimiento de frutos y la longitud de brotes. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

Rendimiento 1988	Longitud de brotes			
	1988		1987	
	r	l	r	l
No. total de frutos	0.074	1.000	0.362	0.139
Peso total de frutos	0.343	0.163	0.470	0.049**
No. de frutos extra	0.424	0.079*	0.531	0.023**
Peso de frutos extra	0.437	0.069*	0.545	0.019**
No. de frutos de 1a.	0.576	0.012**	0.589	0.010***
Peso de frutos de 1a.	0.556	0.016**	0.575	0.012**
No. de frutos de 2a.	-0.077	1.000	0.032	1.000
Peso de frutos de 2a.	0.011	1.000	0.204	1.000
No. de frutos de 3a.	-0.523	0.025**	-0.175	1.000
Peso de frutos de 3a.	-0.524	0.025**	-0.094	1.000

1 Nivel de significancia

Las correlaciones anteriores se explican fisiológicamente en base a las investigaciones de Johnson y Lakso (1985) quienes encontraron que en Golden Delicious el crecimiento de brotes correlaciona muy estrechamente con el área foliar del árbol ( $R^2= 0.94$ ). La importancia de una adecuada superficie fotosintética, radica en el hecho de que en esta variedad Hansen (1969) determinó que se requiere una área foliar de 190 a 230  $\text{cm}^2$  por fruto para nutrirlos adecuadamente.

De las ecuaciones de regresión reportadas en el Cuadro 4.52, se deduce que para obtener el área foliar mencionada se necesitan crecimientos de 21.09 a 16.96 cm anuales para el caso de brotes en crecimiento, y de 16.65 a 12.65 cm por año para brotes con yema floral apical, sin embargo cuando se consideran solo los brotes cuyo rango de crecimiento se ubica entre 1-20 cm, se requerirán de 14.8 a 12.65 cm de longitud para obtener la superficie fotosintética requerida.

En base a los modelos obtenidos por Johnson y Lakso (1985) se pudo estimar el valor del área foliar por brote en 1988, el cual se ubicó muy por abajo del nivel que Hansen (1969) considera como adecuado ya que en promedio, la longitud de brotes en 1988 fue de 6.42 cm lo cual se traduce en una área foliar de 87.8 a 127.7  $\text{cm}^2$  según el tipo de brote, esto explica al menos en parte la gran cantidad de

frutos de segunda que se obtuvo en ese ciclo, ya que la superficie fotosintéticamente activa fue insuficiente para abastecer la demanda de todos los frutos.

Aún cuando se podría sugerir incrementar el crecimiento de brotes a fin de obtener una área foliar óptima, en el apartado correspondiente a esta característica ya se discutió la manera en que los factores evaluados afectaron negativamente el crecimiento durante el ciclo 88, esto debido a que el proceso de acumulación de materia seca fue preferentemente hacia los frutos. Por lo anterior, se asume que en 1988 la vía más conveniente para obtener un mayor crecimiento de brotes, una mayor superficie fotosintética y por lo tanto una mejor calidad de la cosecha, es regulando la carga de frutos por árbol lo cual no era conveniente llevar a cabo por los motivos ya mencionados.

En 1988 la característica del árbol que más correlacionó con la producción de frutos fue el área de la sección transversal del tronco, la cual definió una buena parte del rendimiento total y el número y peso de frutos extra y primera; el valor del ASTT determinado en 1987 también correlacionó con la producción de 1988, y se encontró una estrecha relación entre el rendimiento 88 y el IASTT 87 cuyos coeficientes fueron más elevados que los obtenidos en la correlación del IASTT 88 y el número y peso total de frutos y por categoría en ese ciclo (Cuadros 4.62 y 4.63).

Cuadro 4.62. Coeficientes de correlación entre el rendimiento de fruto y el área de la sección transversal del tronco en manzano var. Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila.

Rendimiento	Area de la sección transversal del tronco			
	1988		1987	
	r	significancia	r	significancia
No. total de frutos	0.582*	.011	0.534*	.022
Peso total de frutos	0.816**	.000	0.728**	.000
No. de frutos extra	0.632**	.004	0.516*	.028
Peso de frutos extra	0.642**	.004	0.520*	.026
No. de frutos de 1a.	0.661**	.002	0.507*	.031
Peso de frutos de 1a.	0.674**	.002	0.527*	.024
No. de frutos de 2a.	0.198	1.0	0.195	1.0
Peso de frutos de 2a.	0.427*	.077	0.436*	.070
No. de frutos de 3a.	-0.163	1.0	-0.092	1.0
Peso de frutos de 3a.	-0.116	1.0	-0.065	1.0

1= Nivel de significancia

r= Coeficiente de correlación

\*Correlación significativa

\*\*Correlación altamente significativa

Cuadro 4.63. Coeficientes de correlación entre el rendimiento de fruto y el incremento en área de la sección transversal del tronco en manzano var. Golden Delicious/MWill. Los Lirios, Coahuila.

Rendimiento 1988	Incremento en área de la sección transversal del tronco			
	1988		1987	
	r	significancia	r	significancia
No. total de frutos	0.104	1.0	0.502*	0.033
Peso total de frutos	0.330	0.181	0.758**	0.000
No. de frutos extra	0.453*	0.059	0.716**	0.000
Peso de frutos extra	0.456*	0.057	0.739**	0.000
No. de frutos de 1a.	0.538*	0.021	0.835**	0.000
Peso de frutos de 1a.	0.516*	0.028	0.827**	0.000
No. de frutos de 2a.	-0.044	1.0	0.136	1.0
Peso de frutos de 2a.	0.085	1.0	0.248	0.321
No. de frutos de 3a.	-0.524*	0.025	-0.297	0.231
Peso de frutos de 3a.	-0.478*	0.044	-0.213	1.0

l= Nivel de significancia

r= Coeficiente de correlación

\* Correlación significativa

\*\* Correlación altamente significativa

Aún cuando el IASTT solo afectó significativamente la producción de frutos extra en 1987, esta característica (IASTT) correlacionó muy estrechamente con el rendimiento de 1988; una relación causal factible se puede establecer en base al hecho de que siendo el IASTT dependiente del ASTT al inicio del ciclo, el ASTT final es a su vez dependiente del IASTT durante la estación y por lo tanto a mayor IASTT durante el ciclo 87 mayor ASTT al inicio de 1988 y mayor producción de frutos.

En la Figura 4.20 se describe el comportamiento de la producción para las variables que se asociaron significativamente con el ASTT al inicio de 1988.

Al igual que el crecimiento de brotes, el efecto determinante que ejercen las características del árbol sobre la calidad del fruto quedó demostrado en los coeficientes negativos entre el ASTT y el IASTT con respecto al número y peso de frutos de tercera (Cuadros 4.62 y 4.63). En la figura 4.21 se describe el efecto del IASTT durante 1988 sobre el número y peso de frutos total y por categoría en ese ciclo.

Considerando la estrecha relación entre el ASTT y el rendimiento de frutos en 1988 (Cuadro 4.62), se planteó la necesidad del uso de la covarianza para interpretar más adecuadamente los resultados obtenidos, sin embargo se debe considerar que la covarianza como método para controlar el

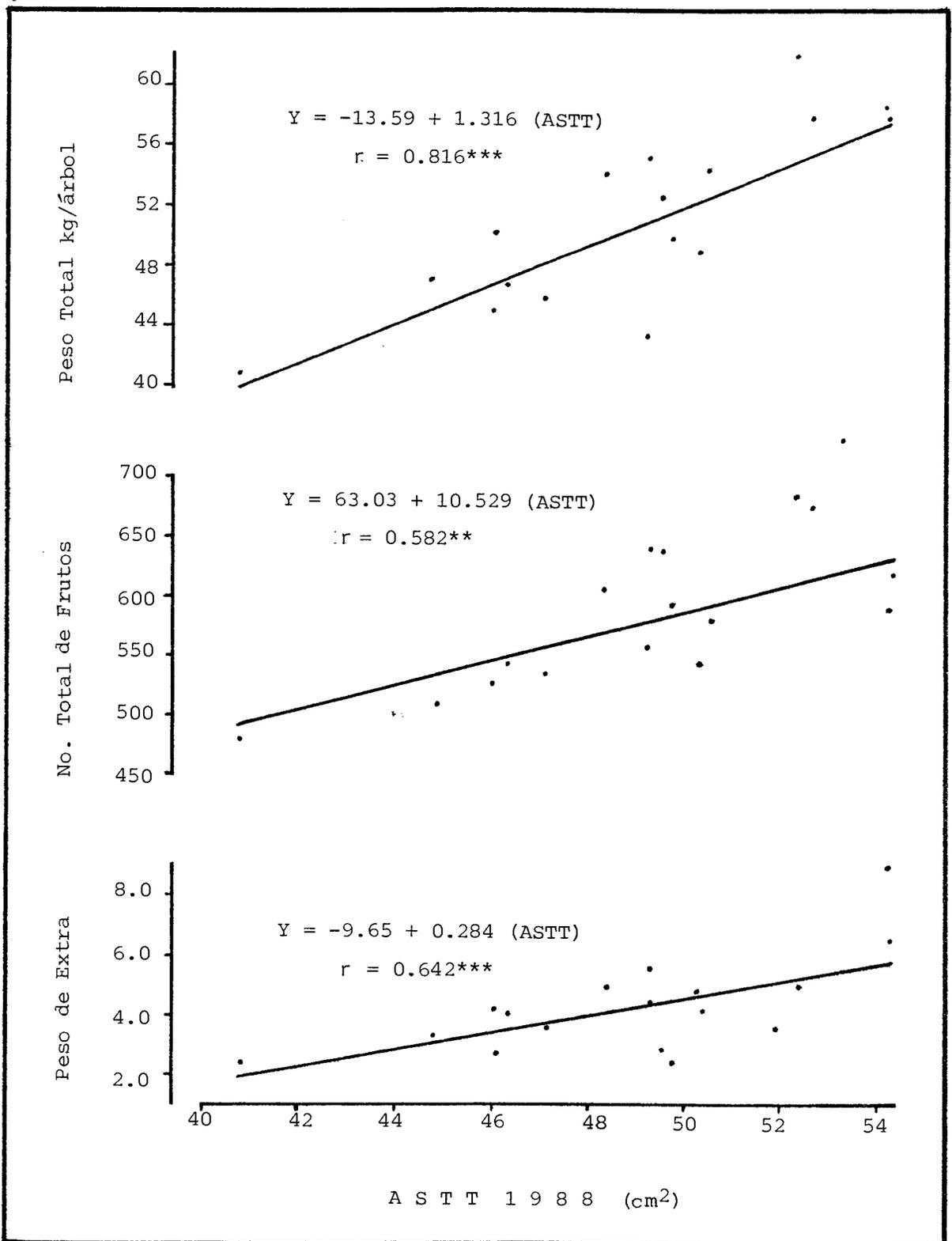


Figura 4.20. Peso y número de frutos total y por categorías en función del área de la sección transversal del tronco (ASTT). Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

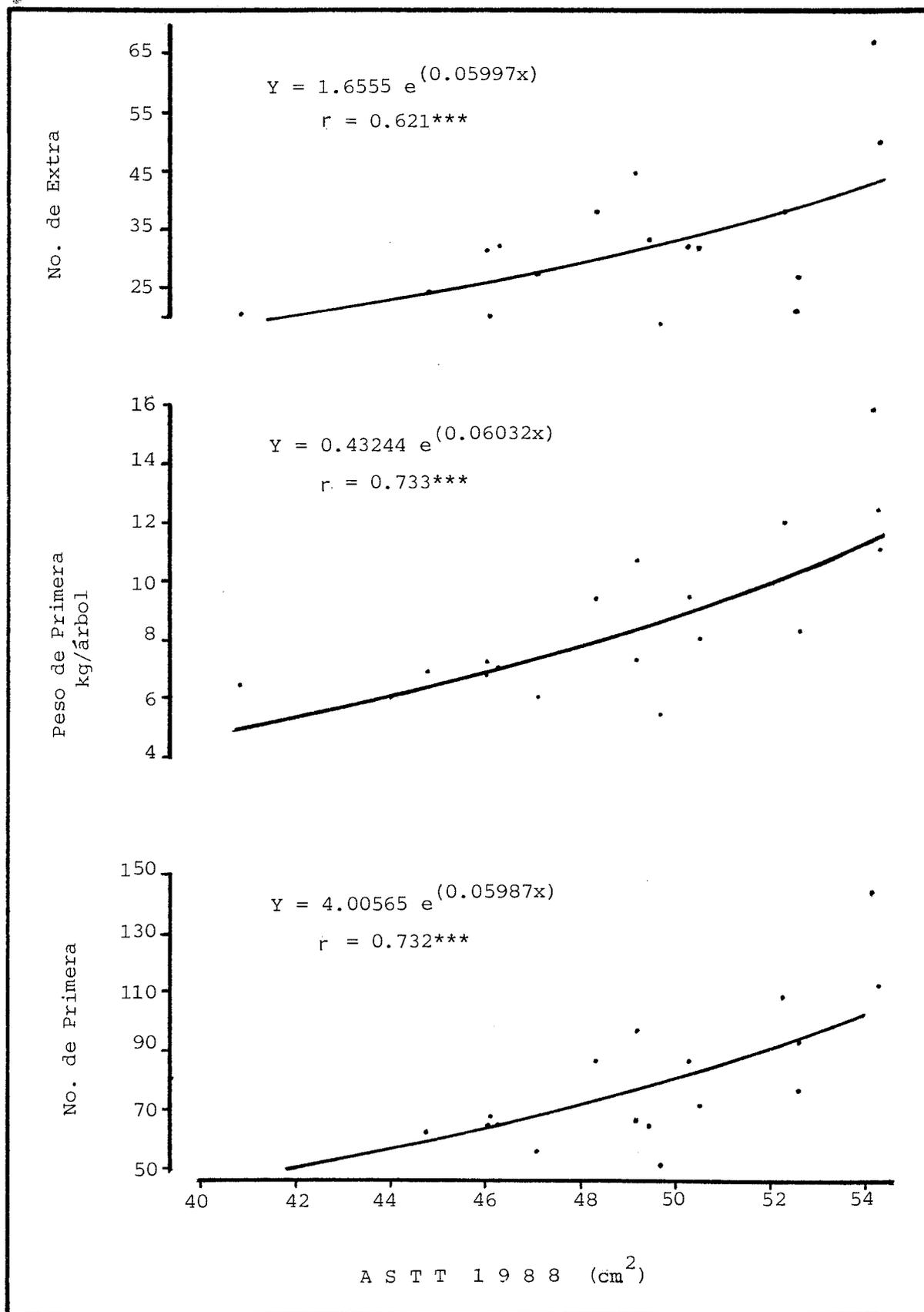


Figura 4.20. Continuación.....

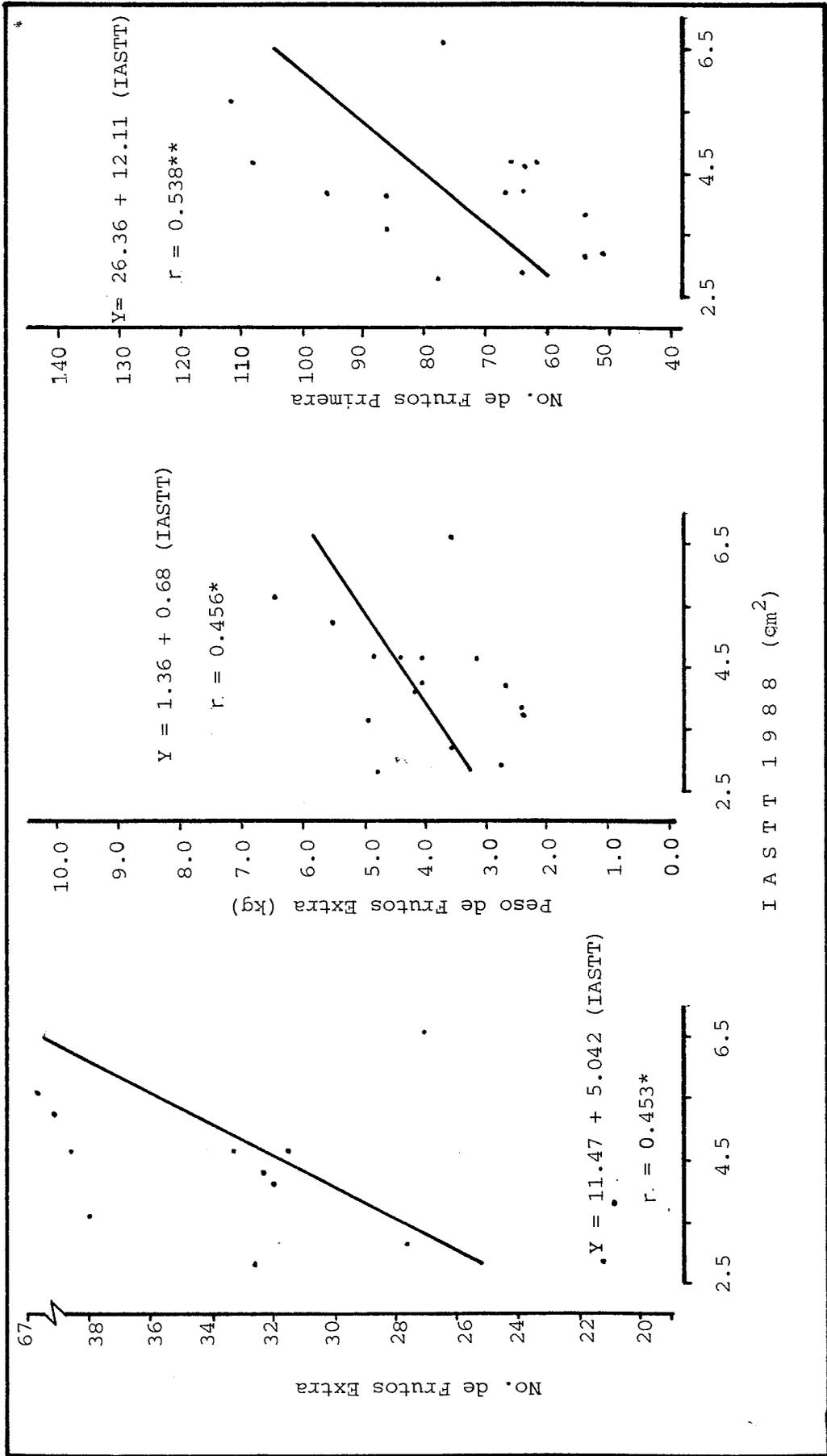


Figura 4.21. Peso y número de frutos total y por categorías en relación al incremento en área de la sección transversal del tronco (IASTT). Manzano Golden Delicious/MM11. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988

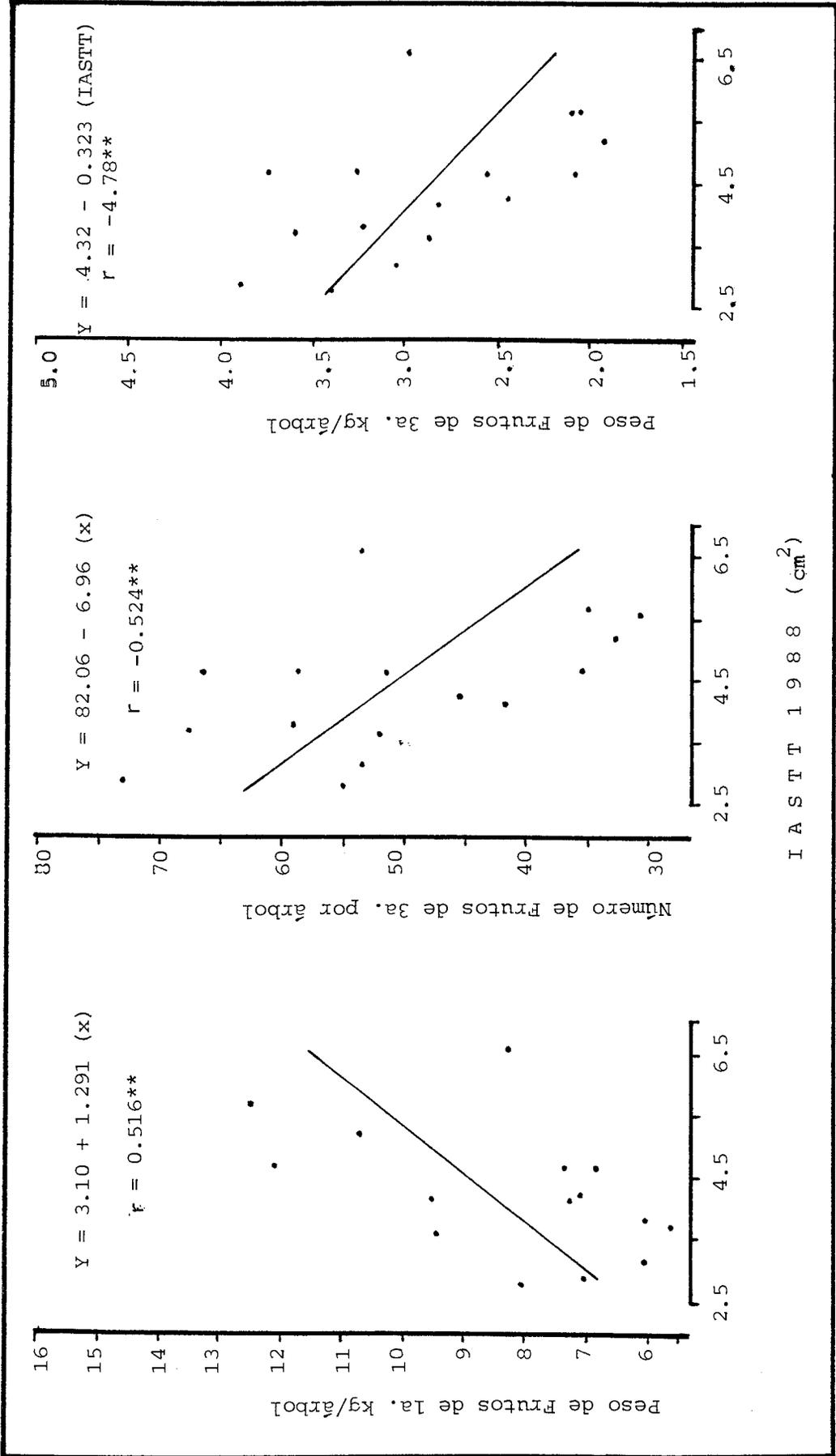


Figura 4.21. Continuación.....

error y ajustar medias de tratamientos, se usa principalmente cuando la variable independiente (X) mide efectos ambientales y en ella no influyen los tratamientos, ya que el primer supuesto para su uso válido establece que los valores de la covariable son fijos, medidos sin error e independientes de los tratamientos, esto quiere decir que en la obtención de los valores sesgados se repite el mismo conjunto de X y las inferencias solo se aplicarán a los X realmente observados; cuando los tratamientos afectan los valores de la covariable la interpretación de los datos cambia, esto debido a que las medias de los tratamientos para la variable independiente son las mismas y entonces el ajuste elimina parte de los efectos de tratamientos; en este caso la covarianza debe usarse con precaución. Sin embargo cuando existan diferencias reales entre tratamientos para la covariable pero que no son el efecto directo de los tratamientos si se justifica el ajuste (Steel y Torrie, 1985).

En nuestro caso particular, el empleo de esta técnica se hace reconociendo el hecho de que no se registró una variación significativa entre tratamientos para la variable independiente (ASTT) tanto al inicio de 1986 como en los tres ciclos evaluados (Cuadro 4.23), y que además se detectaron efectos factoriales significativos sobre el IASTT lo cual indica un efecto de tratamientos sobre la variable independiente. Se considera entonces que no es posible ajustar medias de tratamientos de la variable dependiente

(rendimiento de frutos) a los diferentes valores de la variable independiente (ASTT) sin eliminar aunque sea parcialmente el efecto de los tratamientos aplicados.

En base a estas consideraciones teóricas, se asume que solo en el primer ciclo de estudio se podría aplicar correctamente esta metodología ya que no existe la posibilidad de un efecto de tratamientos sobre la variable independiente, sin embargo a partir de 1987, los efectos factoriales significativos del nitrógeno, fósforo y acolchado sobre la mayoría de las variables de crecimiento, restringen el uso estricto de esta técnica, no obstante, dado que la variación observada en el rendimiento (Y) es parcialmente atribuible a la variación del ASTT (X) lo cual se corrobora con la información del Cuadro 4.62, se llevaron a cabo los análisis de covarianza correspondientes los cuales se reportan en los Cuadros 4.64 y 4.65 para el rendimiento de frutos 1987 y 1988 respectivamente.

El análisis correspondiente a 1987 indicó que aún cuando el ANVA normal había detectado diferencias significativas entre tratamientos para el número de frutos extra y el número y peso de frutos de tercera, el ANVA ajustado solo registró diferencias significativas para el número de frutos extra, mientras que la prueba de contrastes ortogonales no detectó diferencia significativa al comparar

el testigo contra el resto de los tratamientos para ninguna de las variables consideradas (Cuadro 4.64).

Cuadro 4.64. ANVA ajustado en el análisis de covarianza para el número y peso de frutos total y por categoría. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.

Rendimiento de fruto 1988	CME	Fc		
		Covariable	Tratam.	Contraste
Número total	402.0343	0.394 <sup>ns</sup>	1.228 <sup>ns</sup>	0.121 <sup>ns</sup>
Peso total	4.2649	1.191 <sup>ns</sup>	1.223 <sup>ns</sup>	0.207 <sup>ns</sup>
Número extra	43.8017	1.491 <sup>ns</sup>	1.962*	0.031 <sup>ns</sup>
Peso extra	0.8852	2.063 <sup>ns</sup>	1.758 <sup>ns</sup>	0.243 <sup>ns</sup>
Número primera	42.3399	0.362 <sup>ns</sup>	0.948 <sup>ns</sup>	0.002 <sup>ns</sup>
Peso primera	0.5338	0.169 <sup>ns</sup>	0.775 <sup>ns</sup>	0.008 <sup>ns</sup>
Número segunda	53.1257	0.003 <sup>ns</sup>	0.682 <sup>ns</sup>	0.117 <sup>ns</sup>
Peso segunda	0.3485	0.013 <sup>ns</sup>	0.666 <sup>ns</sup>	1.127 <sup>ns</sup>
Número tercera	18.6263	0.255 <sup>ns</sup>	1.353 <sup>ns</sup>	1.904 <sup>ns</sup>
Peso tercera	0.0579	0.376 <sup>ns</sup>	1.416 <sup>ns</sup>	2.776 <sup>ns</sup>

En 1988 no obstante que el análisis de covarianza indicó un efecto muy altamente significativo de la covariable (ASTT) sobre la producción de frutos, el ANVA ajustado solo detectó diferencias estadísticas entre tratamientos para el número y peso de frutos de primera y el número de frutos de segunda, lo cual indica que sí existieron diferencias reales entre tratamientos, es decir, que las diferencias encontradas no son atribuibles al efecto de la covariable. Por otra parte aún cuando el efecto promedio de los tratamientos de acolchado y fertilización superó en todos los casos al testigo, dicha diferencia no resultó significativa en la prueba de contrastes ortogonales (Cuadro 4.65).

\* Cuadro 4.65. ANVA ajustado en el análisis de covarianza para el número y peso de frutos total y por categoría. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

Rendimiento de frutos 1988	CME	Fc		
		Covariable	Tratam.	Contraste
Número total	7939.806	50.63 <sup>***</sup>	1.586 <sup>ns</sup>	1.57 <sup>ns</sup>
Peso total	37.394	90.61 <sup>***</sup>	1.546 <sup>ns</sup>	2.53 <sup>ns</sup>
Número extra	434.289	7.80 <sup>***</sup>	0.977 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>
Peso extra	7.248	8.56 <sup>***</sup>	1.030 <sup>ns</sup>	0.29 <sup>ns</sup>
Número primera	750.245	9.43 <sup>***</sup>	2.341 <sup>*</sup>	1.05 <sup>ns</sup>
Peso primera	9.603	9.73 <sup>***</sup>	2.251 <sup>*</sup>	0.86 <sup>ns</sup>
Número segunda	7602.309	25.44 <sup>***</sup>	1.867 <sup>*</sup>	0.70 <sup>ns</sup>
Peso segunda	44.488	32.74 <sup>**</sup>	1.427 <sup>ns</sup>	0.52 <sup>ns</sup>
Número tercera	989.166	3.17 <sup>ns</sup>	0.945 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>
Peso tercera	2.906	3.34 <sup>ns</sup>	0.831 <sup>ns</sup>	0.12 <sup>ns</sup>

1 Contraste del testigo contra el resto de los tratamientos

El análisis factorial para los valores ajustados tanto del número como del peso total de frutos y por categorías para el ciclo 1988, indicó que la interacción NP afectó significativamente el número total de frutos; la cantidad de frutos extra se incrementó con la interacción nitrógeno por acolchado, y el número de primera con la fertilización fosfatada y con la interacción NA y NPA, mientras que la interacción NP produjo una disminución del número de frutos de segunda.

En la comparación hacia las prolongaciones de la matriz, la aplicación de 320 g de fósforo se asoció significativamente con la mayor cantidad de frutos en este ciclo, sin embargo esta misma dosis disminuyó el número de frutos de primera e incrementó significativamente la cantidad de frutos de segunda y tercera. Una respuesta similar se

obtuvo con la aplicación de 800 g de nitrógeno ya que esta dosis disminuyó significativamente el número de frutos extra y primera e incrementó la cantidad de frutos de segunda. Por otra parte, el tratamiento 15 donde no se incluye la fertilización potásica, mostró una cantidad de frutos de primera significativamente menor lo mismo que una dosis de 600 g de este elemento, así mismo, el nivel cero de potasio incrementó significativamente el número de frutos de segunda (Cuadro 4.66).

El análisis correspondiente al peso de frutos ajustado, indicó que el rendimiento total fue afectado negativa y significativamente por la interacción NP y por la aplicación de 600 g de potasio. El uso de acolchado incrementó el peso de frutos extra, y la aplicación de fósforo y la interacción NA y NPA el peso de primera. La interacción NP redujo la producción de frutos de segunda.

En la comparación hacia las prolongaciones de la matriz, la aplicación de 800 g de nitrógeno y 320 g de fósforo disminuyeron significativamente el rendimiento de frutos de primera; por el contrario, esta misma dosis de fósforo se asoció con el mayor peso de frutos de tercera en este ciclo. El tratamiento 15 con el cual se evalúa la respuesta al nivel cero de potasio, mostró un rendimiento significativamente menor de frutos extra y primera y el mayor peso de frutos de segunda (Cuadro 4.67).

Cuadro 4.66. Efectos factoriales medios (EFM) y diferencia de medias en el análisis factorial para la variable número de frutos total y por categoría (valores ajustados por covarianza). Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

N g/árbol	P	A	Notación Yates	Total		Extra		Primera		Segunda		Tercera		
				$\bar{x}$	EFM	$\bar{x}$	EFM	$\bar{x}$	EFM	$\bar{x}$	EFM	$\bar{x}$	EFM	
1	400	160	4	(1)	559.99	590.67	34.60	33.50	68.48	82.65	402.65	426.98	54.47	50.65
2	400	160	8	A	554.98	-3.47	28.63	6.25	68.33	5.94	443.85	0.97	39.71	-0.38
3	400	240	4	P	647.19	-10.64	35.21	8.37	103.00	32.49*	453.16	-42.88	55.59	-15.31
4	400	240	8	AP	634.56	-1.75	23.40	3.12	72.05	4.86	488.82	-16.31	50.04	0.36
5	600	160	4	N	633.70	-17.02	20.90	6.07	63.25	9.36	476.87	-40.29	72.66	1.39
6	600	160	8	NA	635.28	5.36	33.12	15.14*	65.55	21.49*	470.23	-37.46	66.37	-0.38
7	600	240	4	NP	528.73	-94.03*	30.78	10.68	83.99	13.37	373.29	-90.62*	40.58	-21.03*
8	600	240	8	NPA	530.93	<u>2.06</u>	61.33	<u>6.05</u>	136.53	<u>20.26*</u>	306.94	<u>-13.54</u>	25.78	<u>-4.24</u>
				EMS		52.85		12.36		16.25		51.72		18.65
9	200	160	4		571.72		29.19		66.45		409.54		67.11	
10	800	240	8		584.38		18.37*		50.34*		448.73*		66.89	
11	400	80	4		572.03		35.12		68.15		420.94		48.01	
12	600	320	8		680.35*		23.81		71.17*		502.88*		82.69*	
13	400	160	0		556.35		29.53		57.43		414.08		55.45	
14	600	240	12		558.71		44.74		104.65		379.01		29.94	
15	600	240	8	K20	0	613.95	38.78		87.12*		435.36*		52.74	
16	600	240	8	600	<u>455.26</u>		<u>44.39</u>		<u>96.09*</u>		<u>282.14</u>		<u>32.64</u>	
				DMS	109.70		25.66		38.94		107.34		38.72	
17	0	0	0	0	524.90		27.10		64.42		381.75		50.09	

Cuadro 4.67. Efectos factoriales medios (EFM) y diferencia de medias en el análisis factorial para la variable rendimiento de fruto total y por categoría (valores ajustados por covarianza). Manzano Golden Delicious /MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

N g/árbol	P	A	Notación Yates	Total x̄	Total EFM	Extra		Primera		Segunda		Tercera		
						x̄	EFM	x̄	EFM	x̄	EFM	x̄	EFM	
1	400	160	4	(1)	48.04	52.48	4.51	4.38	7.34	9.09	33.52	35.76	2.70	2.89
2	400	160	8	A	51.39	1.82	3.74	2.01	7.55	0.63	37.83	-0.02	2.31	-0.44
3	400	240	4	P	58.50	1.71	4.43	1.09	11.52	3.60*	39.42	-3.19	3.10	-0.54
4	400	240	8	AP	54.00	-2.67	3.06	0.48	7.70	0.33	37.62	-2.62	2.80	-0.18
5	600	160	4	N	52.11	1.01	2.70	0.89	6.94	1.12	38.58	-2.68	3.88	0.33
6	600	160	8	NA	54.94	2.39	4.38	0.94	7.33	2.43*	39.48	-1.27	3.76	-0.09
7	600	240	4	NP	47.62	-4.83*	3.10	1.47	9.30	1.44	31.55	-6.03*	2.76	-0.98
8	600	240	8	NPA	53.21	2.65	8.21	0.79	15.04	2.35*	28.07	0.43	1.84	-0.22
				EMS		3.63		1.60		1.84		3.96		1.01
9	200	160	4		49.23		3.61			7.44		34.55		3.74
10	800	240	8		46.96		2.32			5.56*		37.52		3.57
11	400	80	4		49.73		4.44			7.55		35.18		2.59
12	600	320	8		53.13		3.09			7.76*		37.63		4.68*
13	400	160	0		47.61		3.83			6.41		34.24		3.16
14	600	240	12		52.39		5.76			11.58		33.23		1.77
15	600	240	8	K20	54.69		5.03*			9.55*		37.19*		2.92
16	600	240	8	0	43.17*		5.51			10.71		25.06		1.89
				600	7.53		3.03			4.41		8.21		2.42
				DMS										
17	0	0	0		46.03		3.54			7.22		32.57		2.66

Ya que existe la posibilidad de que la densidad del fruto cambie a medida que el número de frutos por árbol se incremente o disminuya, se llevó a cabo un análisis de correlación entre el número de frutos total y por categoría con respecto a su peso y se encontró una estrecha relación entre estas características (Cuadro 4.68). Esto indica que en la descripción de tendencias para las variables de producción consideradas, se puede emplear el número de frutos y/o el peso de los mismos sin que exista una variación significativa en la descripción de dichas variables, esto se corrobora con la información de las Figuras 4.22 y 4.23 en las cuales se reporta el comportamiento del número y el peso total de frutos 1987 respectivamente.

Cuadro 4.68. Coeficientes de correlación entre el número total de frutos y por categoría con respecto a su peso. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987 y 1988.

Peso de Frutos		Número de Frutos				
		Total	Extra	Primera	Segunda	Tercera
Total	1987	0.959 <sup>***</sup>				
	1988	0.865 <sup>***</sup>				
Extra	1987		0.98 <sup>***</sup>			
	1988		0.99 <sup>***</sup>			
Primera	1987			0.91 <sup>***</sup>		
	1988			0.99 <sup>***</sup>		
Segunda	1987				0.99 <sup>***</sup>	
	1988				0.93 <sup>***</sup>	
Tercera	1987					0.92 <sup>***</sup>
	1988					0.97 <sup>***</sup>

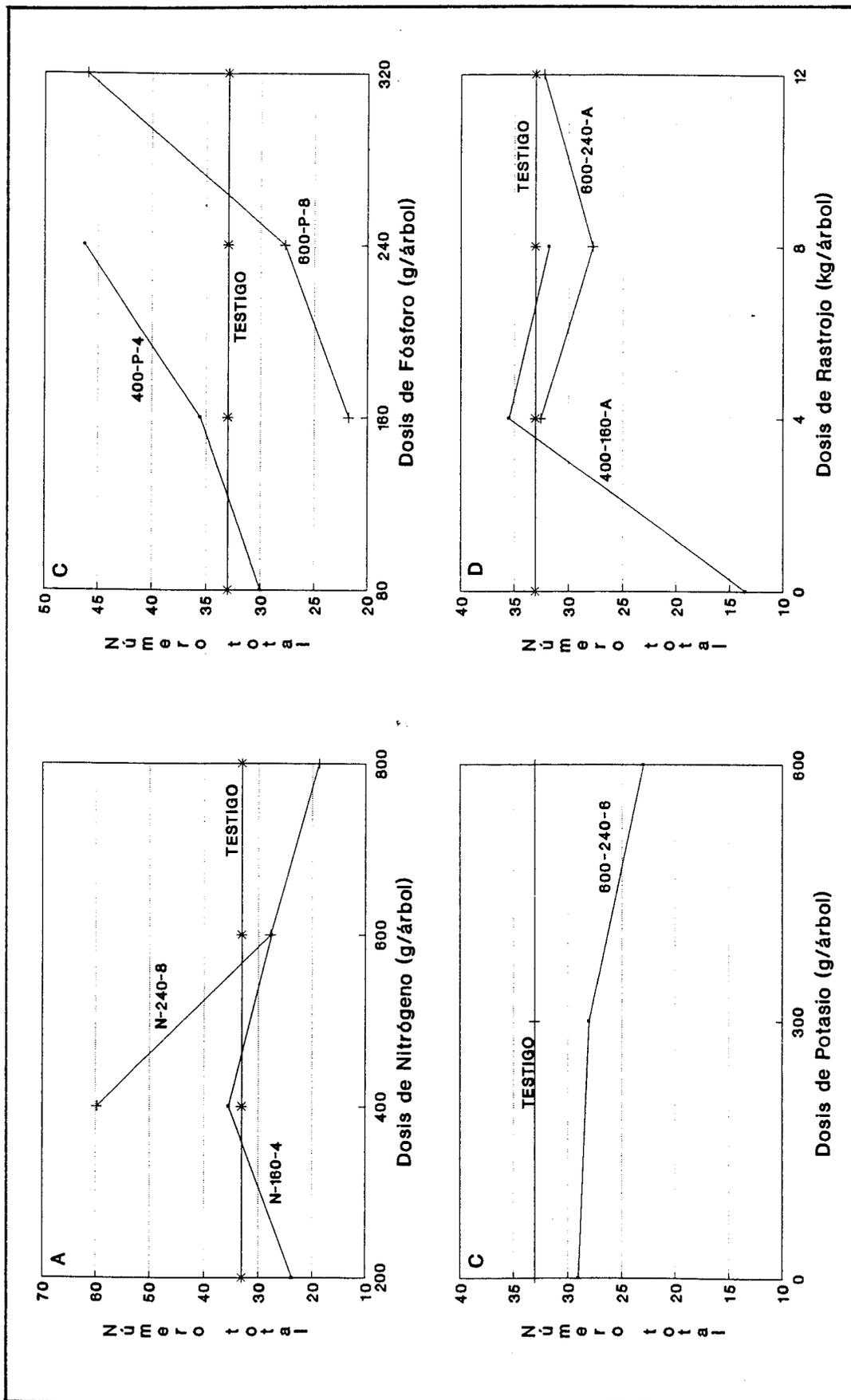


Figura 4.22. Número total de frutos por árbol para la fertilización nitrofosfatada y potásica bajo acolchado. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.

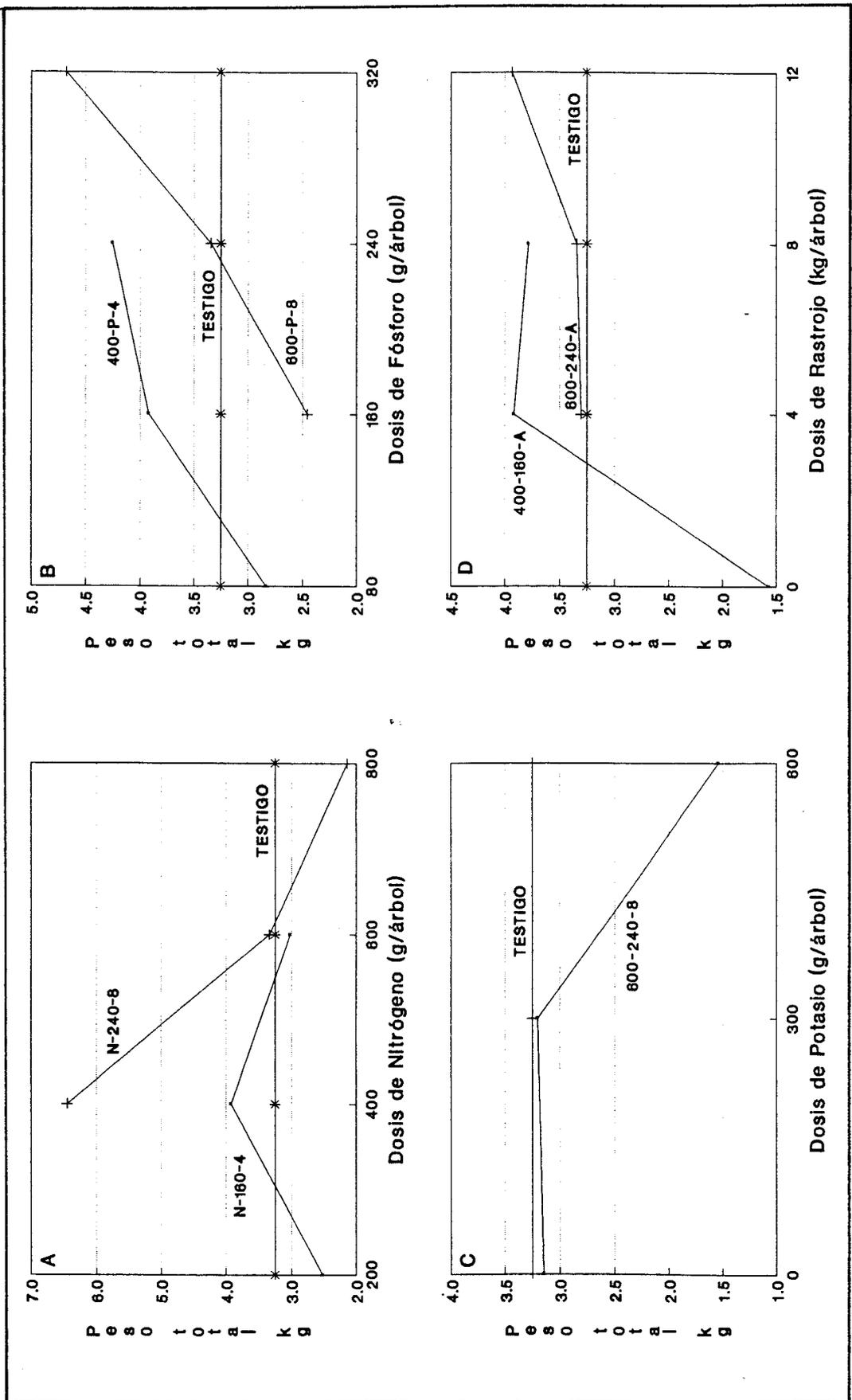


Figura 4.23. Rendimiento total de frutos por árbol para la fertilización nitrofosfatada y potásica bajo acolchado. Manzano Golden Delicious/MM11. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.

De acuerdo a estas consideraciones, se describe únicamente el peso de frutos total y por categorías y se omite la descripción correspondiente al número de frutos. Para este propósito se utilizaron valores ajustados solo en el ciclo 1988, por ser en este año cuando se manifestó de manera preponderante el efecto del área de la sección transversal del tronco sobre las variables de producción.

Con relación al ajuste de medias, se debe considerar que en nuestro caso la teoría de la covarianza establece que dicho ajuste elimina el efecto de los tratamientos sobre la variable independiente (ASTT), es decir, que al usar valores ajustados en 1988 se elimina el efecto acumulativo de los factores evaluados sobre el crecimiento del tronco durante 1986 y 1987, lo cual si bien es posible realizarlo matemáticamente, se debe tener en cuenta que en el área donde se realizó esta evaluación un alto porcentaje de años se tienen bajas producciones por efecto de las heladas tardías, razón por la cual en los ciclos con baja producción adquieren significancia las prácticas culturales encaminadas a proporcionar un mayor vigor al árbol, vigor que para los fines de esta investigación está representado por el área transversal del tronco (ASTT).

En base a estas consideraciones, se describirán para 1988 tanto los valores ajustados como los observados, los primeros por ser el efecto de tratamientos dentro del ciclo,

y los segundos por ser una respuesta integral a la aplicación de los tratamientos de fertilización y acolchado durante los tres años de estudio. Asimismo, debido a que en 1986 varios tratamientos no presentaron rendimiento en una o varias categorías, la clasificación de frutos se realizó en base a otros criterios razón por la cual dichos valores no se consideraron para la descripción de tendencias y solo se describen los rendimientos de los ciclos 1987 y 1988.

Con respecto a la aplicación de nitrógeno sobre el peso total de frutos en 1987, se observó la mejor respuesta a una dosis de 400 g por árbol sin embargo, su efecto factorial medio fue negativo así como su interacción con fósforo y acolchado lo cual se tradujo en una disminución del rendimiento a partir de este valor (Figura 4.23a).

Para la fertilización con fósforo, el rendimiento de fruto se incrementó con la aplicación de este elemento hasta una dosis de 320 g por árbol, dicha dosis estuvo combinada con 600 g de nitrógeno y ocho de rastrojo sin embargo dada la interacción negativa NP y positiva AP, se deduce que es esencialmente la combinación de bajas dosis de nitrógeno y altos niveles de fósforo y acolchado lo que proporciona la mejor respuesta (Figura 4.23b).

Para el caso del potasio no se detectó ninguna diferencia entre la aplicación de cero y 300 g de  $K_2O$  por

árbol, sin embargo una dosis de 600 g si afectó negativamente la producción. Por otra parte el uso de acolchado tendió a incrementar el rendimiento de frutos independientemente del nivel de nitrógeno y fósforo aplicados, sin embargo la mejor respuesta se obtuvo con cuatro y ocho kg de rastrojo combinados con 400 g de nitrógeno y 160 g de fósforo (Figura 4.23c y d).

Con respecto al efecto que ejercieron los factores evaluados sobre la calidad de frutos, la producción de las cuatro categorías consideradas se incrementó con la aplicación de nitrógeno hasta una dosis de 400 g por árbol (Figura 4.24), y a partir de este nivel una dosis mayor promovió una disminución del valor de la producción lo cual fue más evidente a dosis más elevadas de fósforo y acolchado; lo anterior constituye un reflejo del efecto factorial negativo del nitrógeno (-N) y de su interacción negativa con fósforo y acolchado, lo cual ya fue reportado en el análisis factorial. Destaca para la fertilización nitrogenada, que la producción promedio de frutos extra y primera fue superior al testigo en un 6.34 y 114 por ciento respectivamente (Figura 4.24a y b).

La fertilización fosfatada mostró un efecto factorial positivo para la aplicación de 240 g de este elemento no obstante la respuesta observada en la Figura 4.25a, esto se explica porque el análisis de la matriz PP1 considera en su

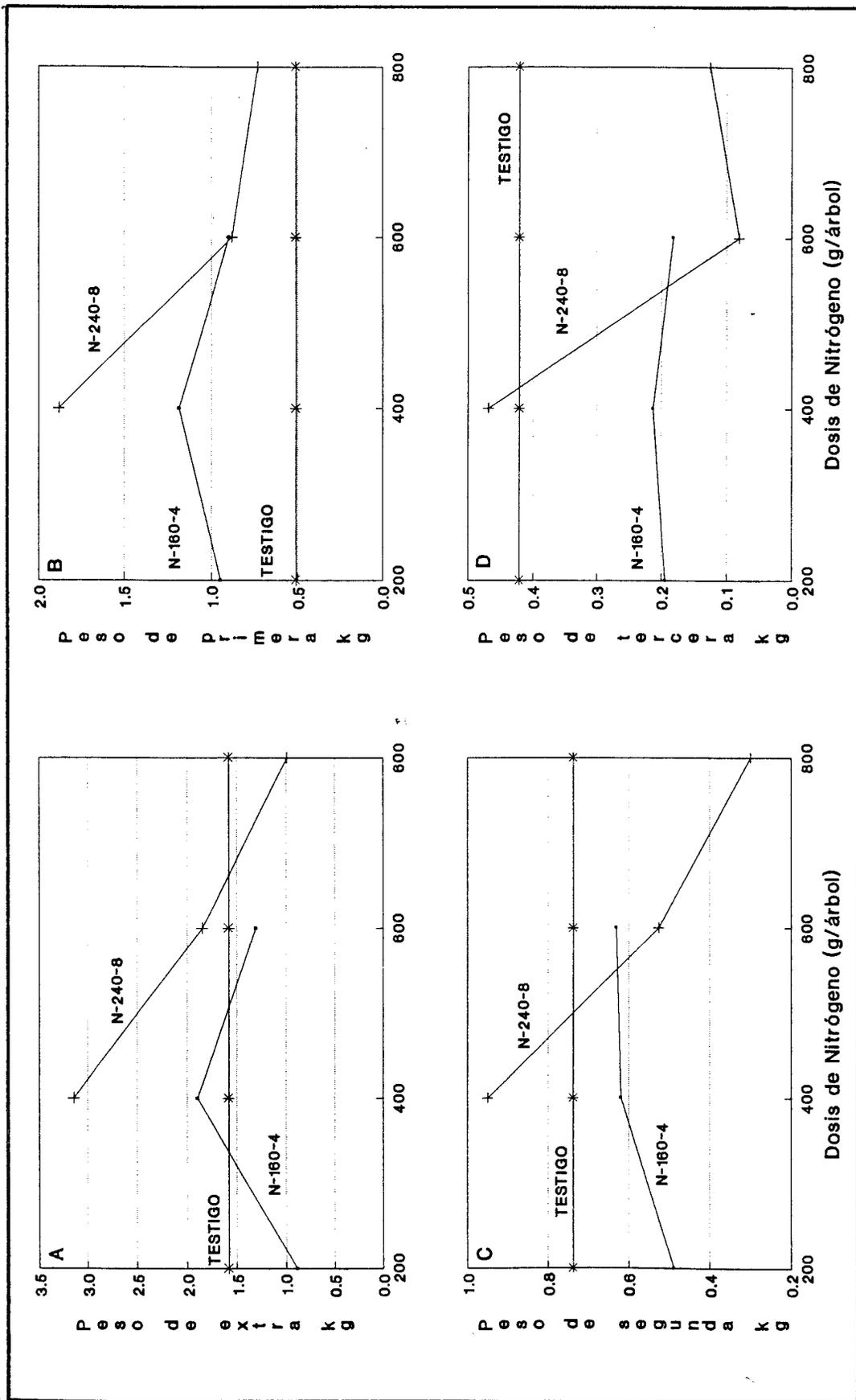


Figura 4.24. Rendimiento de frutos por categoría (kg/árbol) para la aplicación de cuatro dosis de nitrógeno. Manzano Golden Deliciosus/MM11. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.

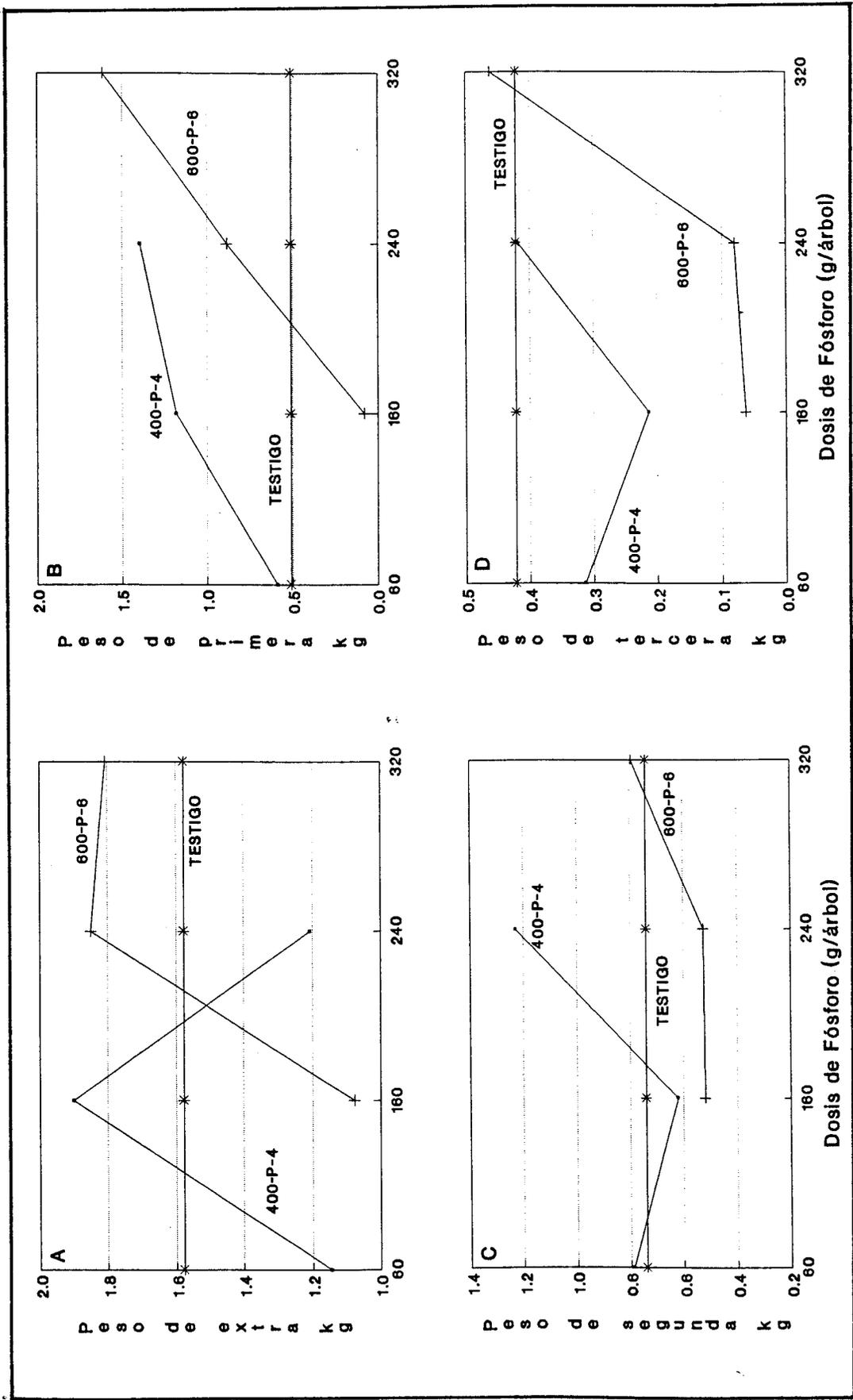


Figura 4.25. Rendimiento de frutos por categoría (kg/árbol) para la aplicación de cuatro dosis de fósforo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.

parte factorial todas las combinaciones de 160 y 240 g de  $P_2O_5$  en relación a los distintos niveles de nitrógeno y acolchado; de acuerdo a este análisis, la combinación 400-240-8 de NPA presentó el mayor peso de frutos extra en este ciclo (3.138 kg) lo cual explica la interacción negativa NP y positiva  $AP^*$  en el análisis factorial. Al igual que en la aplicación de nitrógeno, la mejor respuesta en relación al testigo se obtuvo con la producción de frutos de primera donde en promedio la aplicación de fósforo promovió un rendimiento 112 por ciento superior al testigo; en esta misma categoría, la aplicación de 80 g de  $P_2O_5$  presentó un peso de frutos significativamente menor.

Para la aplicación del acolchado, destaca el efecto que ejerció esta práctica sobre la producción de frutos extra y primera, ya que en el primer caso la dosis de 12 kg por árbol se asoció con el mayor rendimiento de esta categoría; el incremento en producción que se observa al pasar de una dosis de cuatro a ocho kg por árbol resultó estadísticamente significativa, lo mismo que la comparación de cero y cuatro kg de rastrojo en la misma categoría (Figura 4.26). Los incrementos en producción obtenidos en estas categorías contrastan con las mermas observadas en el peso de frutos de segunda y tercera, donde el uso de acolchado al igual que la aplicación de nitrógeno y fósforo presentó rendimientos inferiores al testigo en la mayoría de los casos; la relación entre estos resultados será discutida posteriormente.

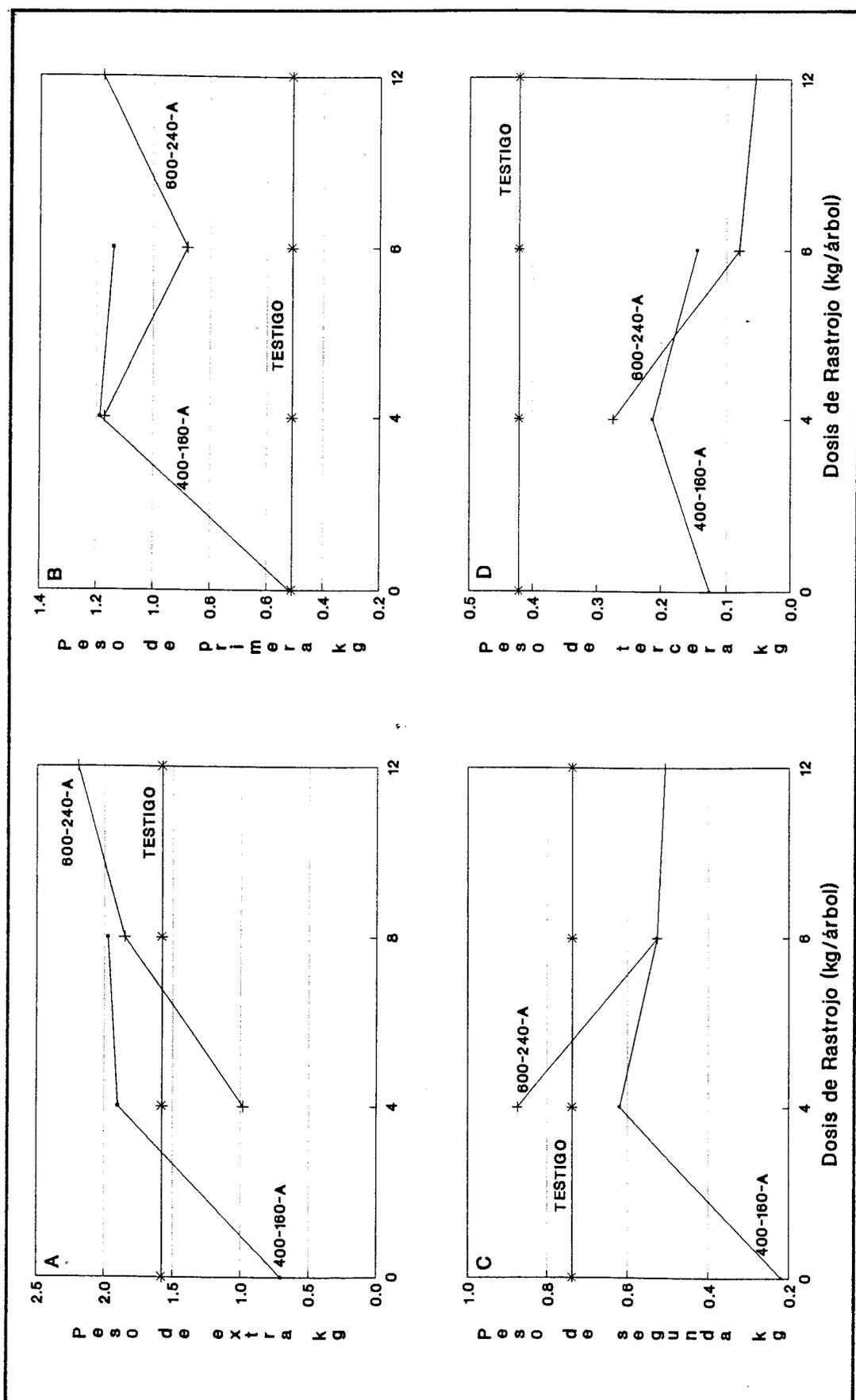


Figura 4.26. Rendimiento de frutos por categoría (kg/árbol) para la aplicación de cuatro dosis de rastrojo como acolchado. Manzano Golden Delicious/MM11. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.

La fertilización potásica solo incrementó la producción de frutos extra en una dosis de 300 g por árbol, ya que en esta misma categoría la aplicación de 600 g redujo significativamente los rendimientos. El efecto de este elemento sobre la producción de frutos de primera y segunda fue prácticamente inapreciable (Figura 4.27).

En la descripción de tendencias para el ciclo 1988, se observó que la aplicación de nitrógeno promovió un mayor rendimiento de frutos extra y primera hasta una dosis de 600 g por árbol, dicha respuesta estuvo supeditada a la aplicación de ocho kg de rastrojo y 240 g de fósforo cuyas interacciones resultaron significativas en el análisis factorial. En el caso de las categorías segunda y tercera, solo se observó una respuesta positiva sobre el peso de frutos de segunda cuando el nitrógeno se combinó con niveles bajos de acolchado y fósforo, esto corrobora las interacciones negativas  $NP^*$  y  $NA$  en el análisis factorial (Figura 4.28).

La fertilización con 240 g de fósforo incrementó significativamente la producción de frutos extra y primera en 1988, esta respuesta fue más evidente a niveles altos de nitrógeno y acolchado cuya interacción  $NPA$  resultó significativa en el análisis factorial. El tratamiento que contiene la dosis de 240 g de  $P_2O_5$  (600-240-8) presentó un rendimiento de frutos extra y primera 86.8 y 97.5 por ciento

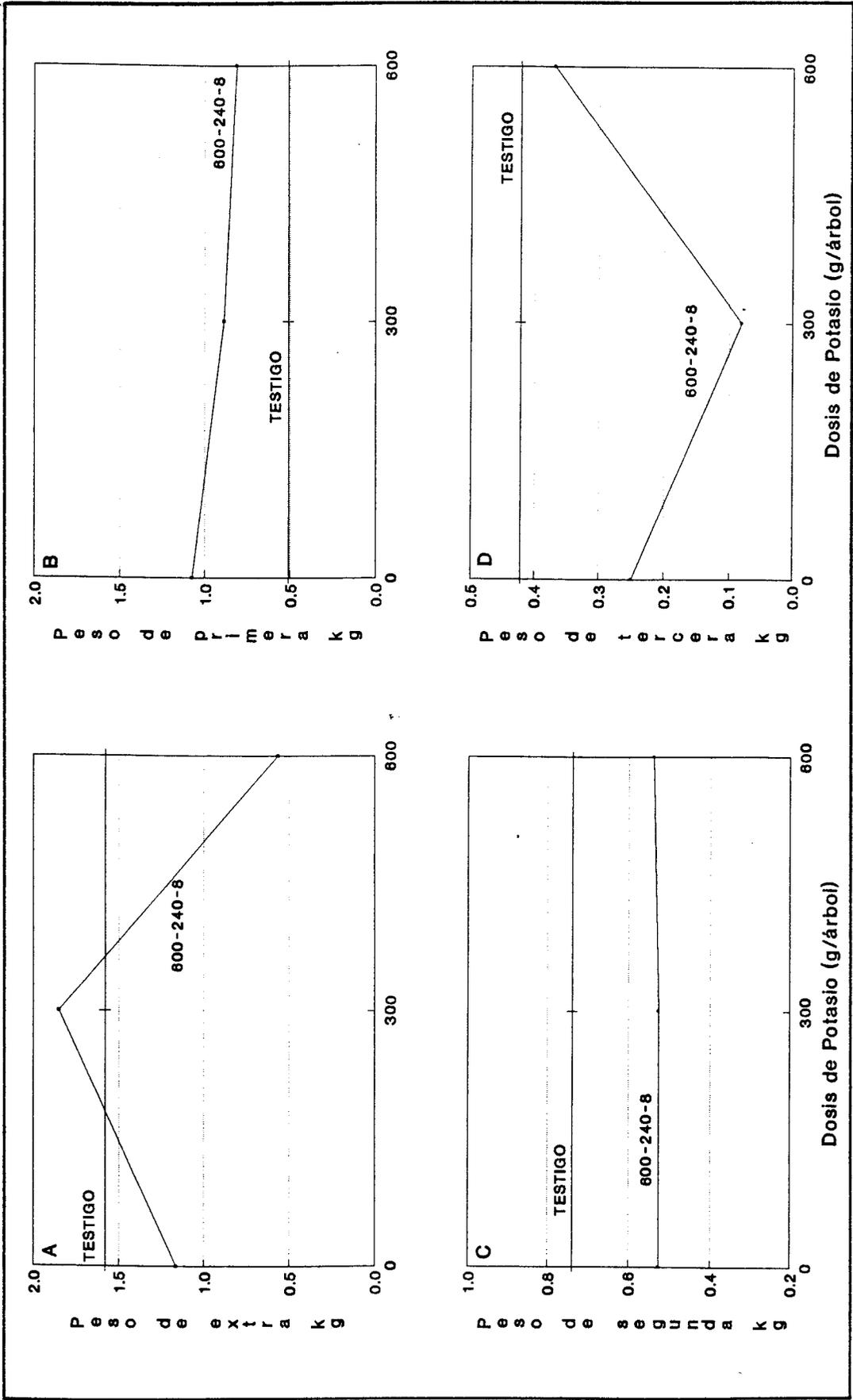


Figura 4.27. Rendimiento de frutos por categoría (kg/árbol) para la aplicación de tres dosis de potasio. Manzano Golden Delicious/MM11. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.

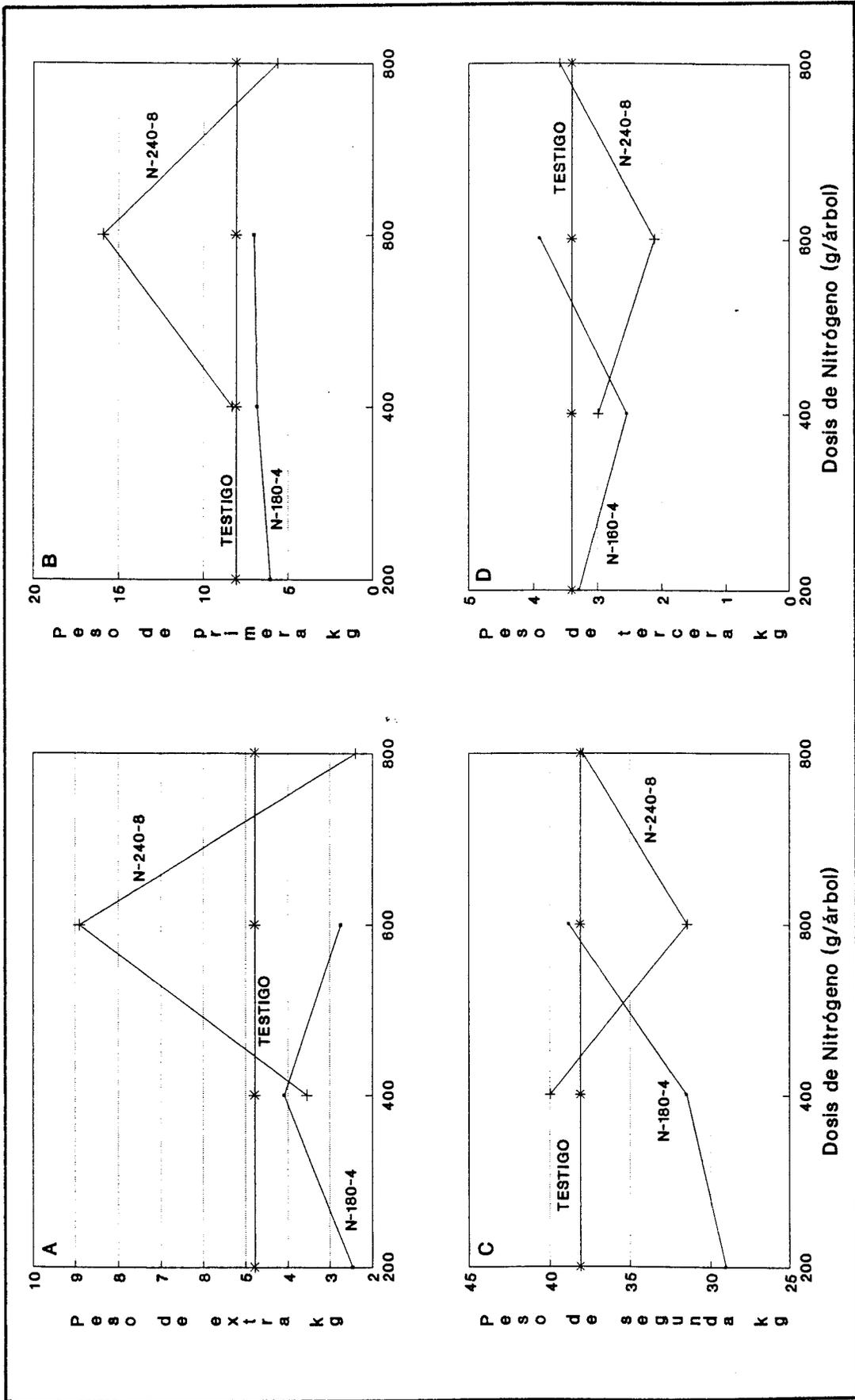


Figura 4.28. Rendimiento de frutos por categoría (kg/árbol) para la aplicación de cuatro dosis de nitrógeno (valores observados). Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

superior al testigo respectivamente. Por otra parte, la aplicación de este elemento no mostró una tendencia definida sobre la producción de frutos de segunda y tercera, aún cuando el análisis correspondiente indicó un efecto factorial negativo sobre el peso de frutos de tercera (Figura 4.29).

Con relación al uso de acolchado, la aplicación de ocho kg de rastrojo se asoció con la mayor producción de frutos extra y primera lo cual se supeditó a la aplicación de niveles altos de nitrógeno y fósforo. La utilización del acolchado mostró una clara tendencia a reducir el peso de frutos de tercera. Destaca en esta descripción que la producción de frutos de segunda y tercera fue menor que la obtenida con el testigo en la mayoría de los casos lo cual es un índice del efecto positivo de esta práctica sobre la calidad de frutos (Figura 4.30).

Los tratamientos exploratorios para potasio, ubicaron su mejor respuesta a una dosis de 300 g por árbol solo para el peso de frutos extra y primera, ya que el uso de este elemento disminuyó considerablemente la producción de frutos de segunda y tercera (Figura 4.31).

Con respecto al comportamiento de los valores ajustados, destaca el hecho de que la producción estimada con el testigo disminuyó un 25.79 por ciento con respecto al rendimiento observado, sin embargo la respuesta a los

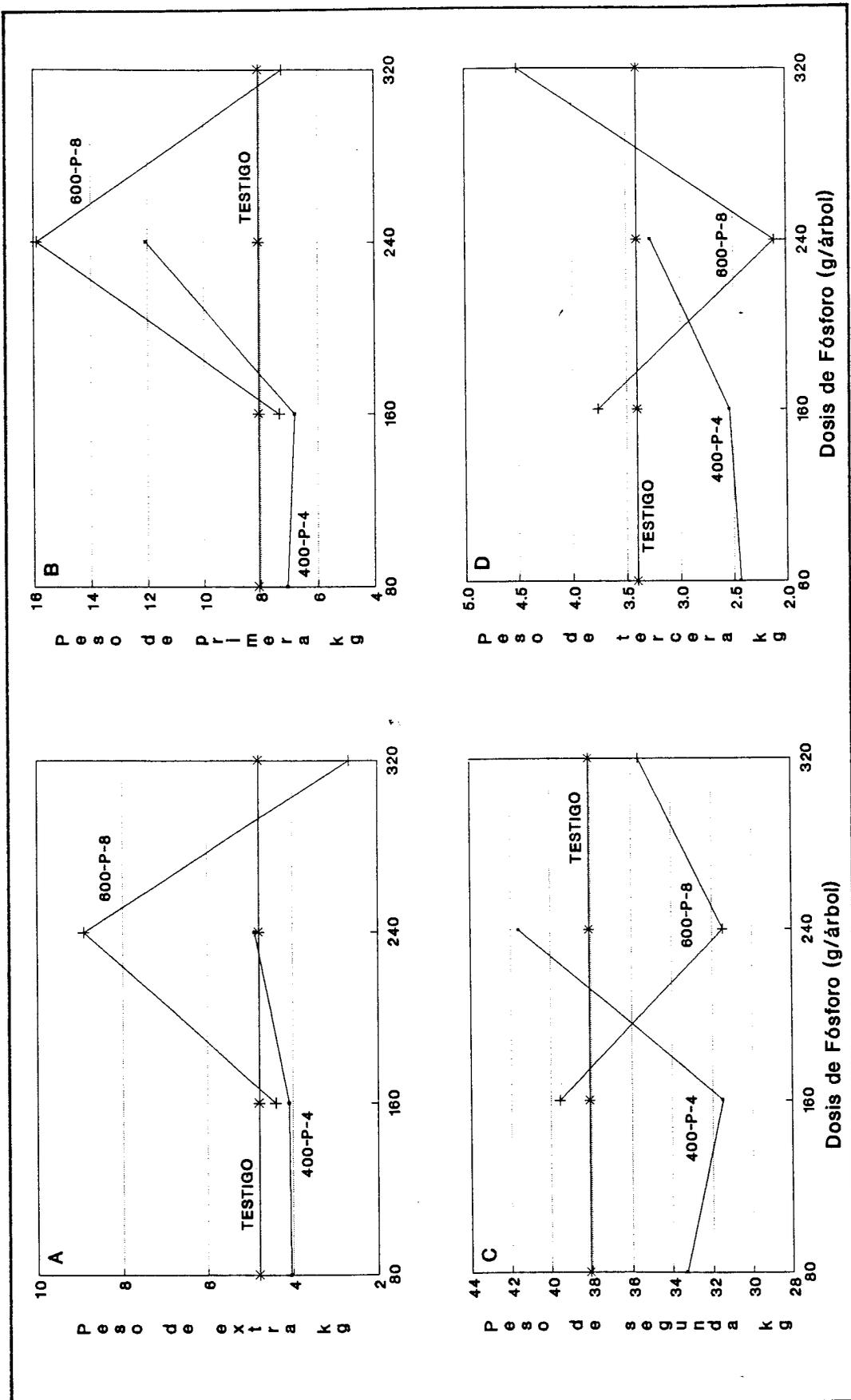


Figura 4.29. Rendimiento de frutos por categoría (kg/árbol) para la aplicación de cuatro dosis de fósforo (valores observados). Manzano Golden Delicious/MM11. Los Lirios, Coahuila.- Ciclo 1988.

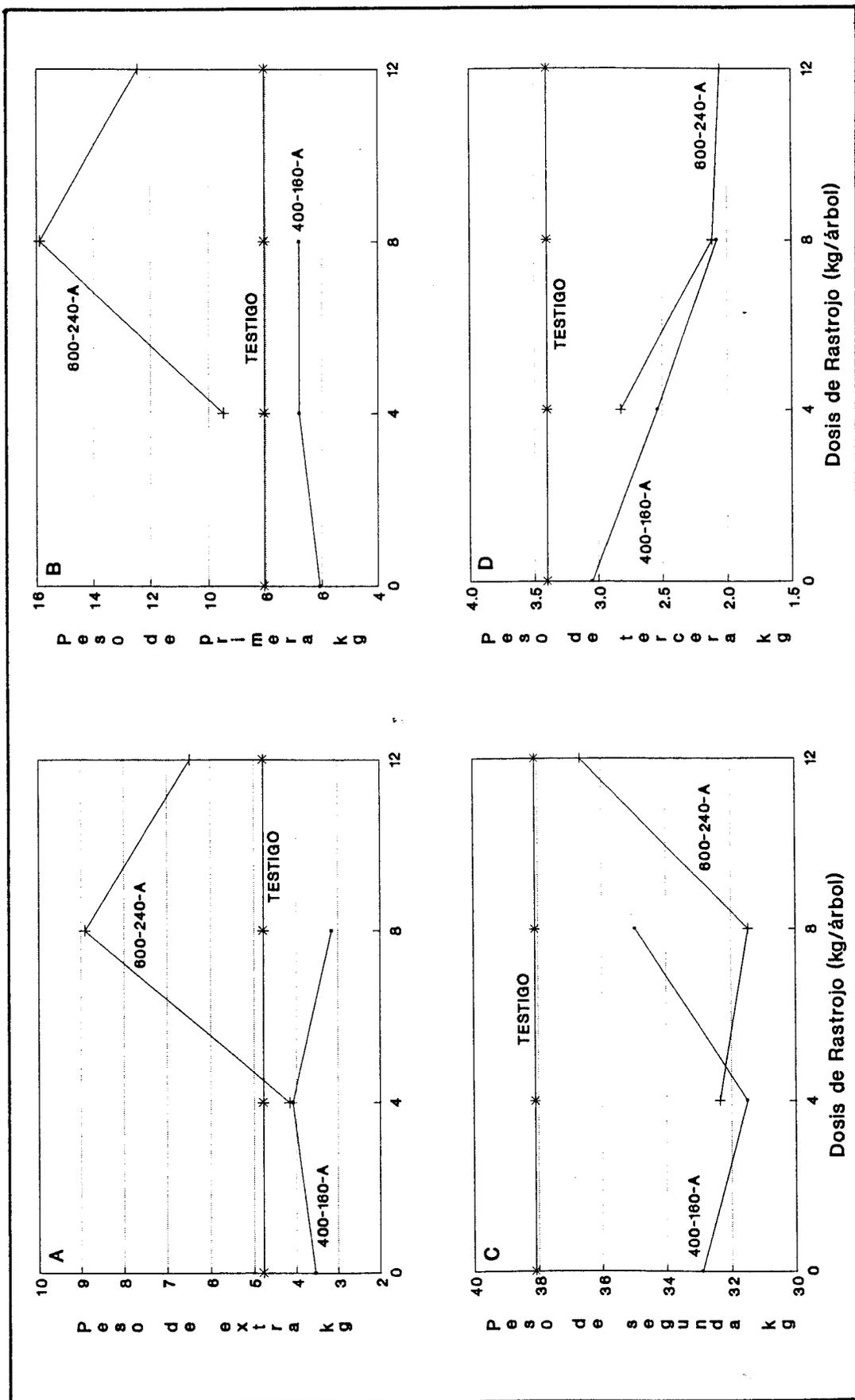


Figura 4.30. Rendimiento de frutos por categoría (kg/árbol) para la aplicación de cuatro dosis de rastrojo como acolchado (valores observados). Manzano Golden Delicious/MM11. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

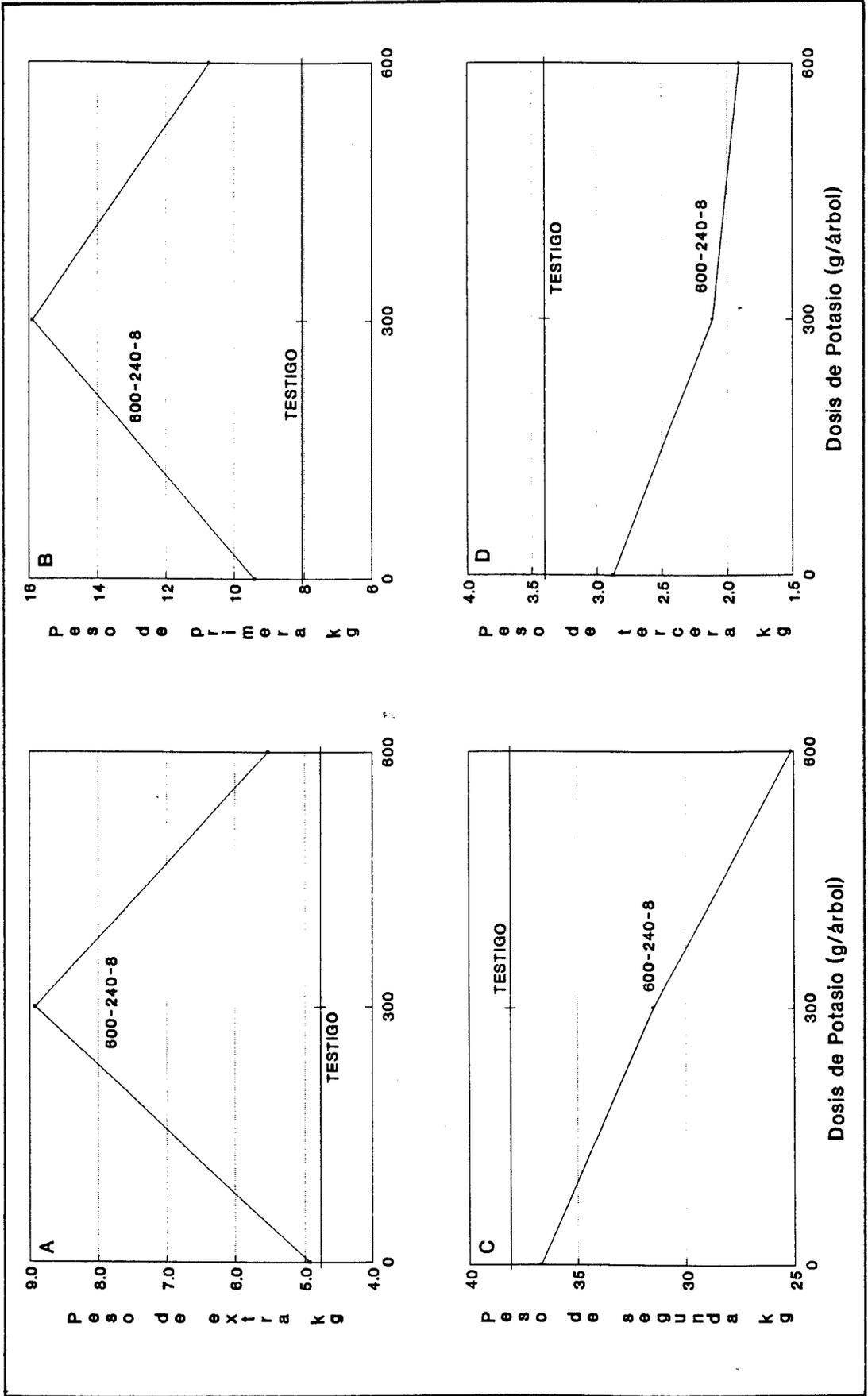


Figura 4.31. Rendimiento de frutos por categoría (kg/árbol) para la aplicación de tres dosis de potasio (valores observados). Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

factores evaluados mantuvo la misma proporción en relación a los valores observados ya que para el caso de nitrógeno, la aplicación de 600 g de este elemento mostró la mayor producción de frutos extra y primera (Figura 4.32).

Las ventajas del ajuste por covarianza se manifestaron principalmente en la descripción de la respuesta a la fertilización fosfatada y el acolchado, ya que la producción de frutos extra y primera fue superior al testigo en todos los casos.

Al igual que en los valores observados, la aplicación de 240 g de  $P_2O_5$  incrementó notablemente el rendimiento de frutos extra y primera, sin embargo la fertilización con 320 g de este elemento disminuyó significativamente el peso de estas dos categorías e incrementó en la misma forma el peso de frutos de tercera (Figura 4.33).

La aplicación de ocho kg de rastrojo incrementó significativamente el rendimiento de frutos extra y su interacción con fósforo influyó positivamente sobre el peso de frutos de primera. El uso de acolchado mostró un marcado efecto sobre la reducción del rendimiento de frutos de tercera, lo cual se interpreta como un efecto favorable sobre la calidad de frutos en ese ciclo (Figura 4.34).

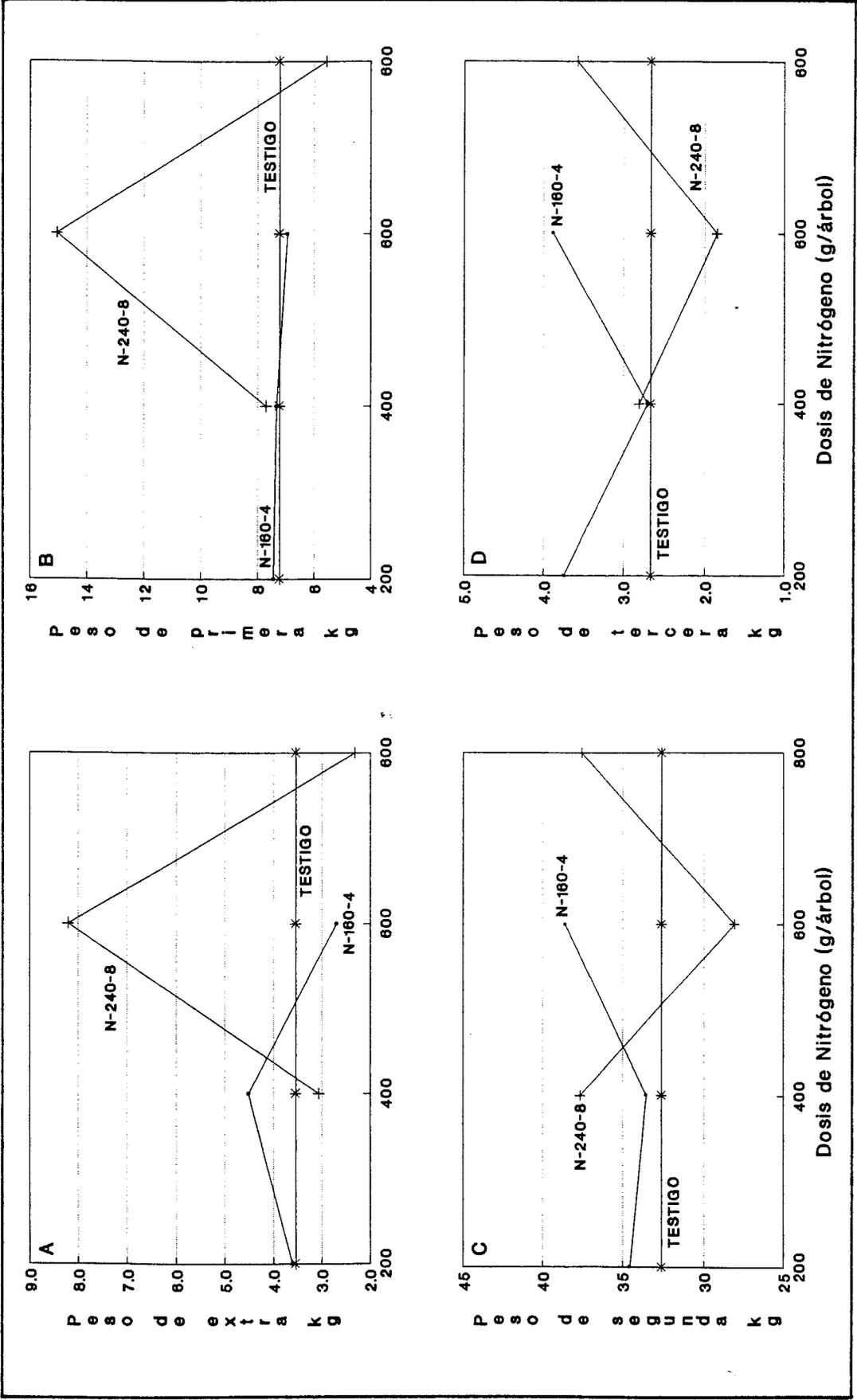


Figura 4.32. Rendimiento de frutos por categoría (kg/árbol) para la aplicación de cuatro dosis de nitrógeno (valores ajustados). Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

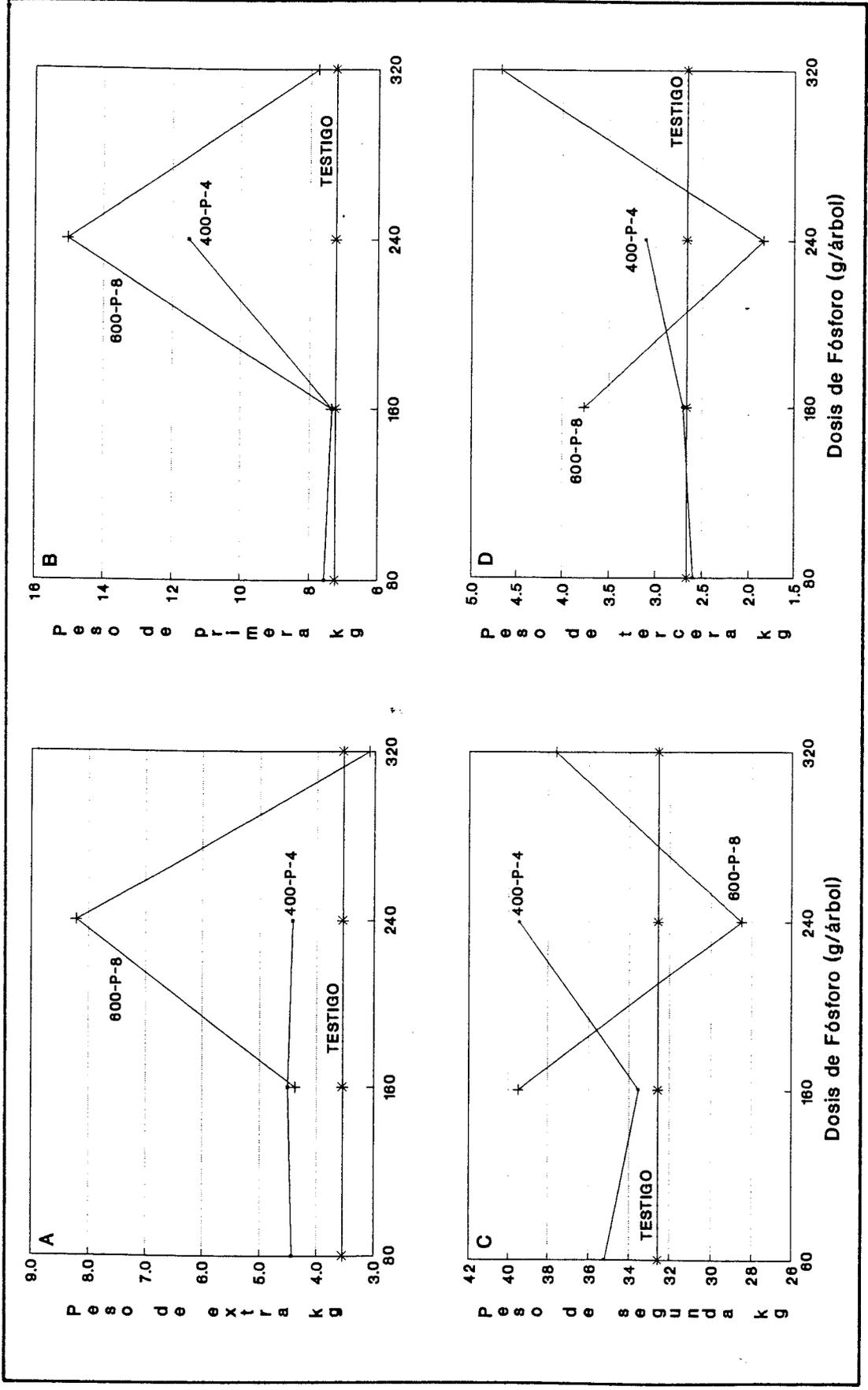


Figura 4.33. Rendimiento de frutos por categoría (kg/árbol) para la aplicación de cuatro dosis de fósforo (valores ajustados). Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios Coahuila. Cjclo 1988.

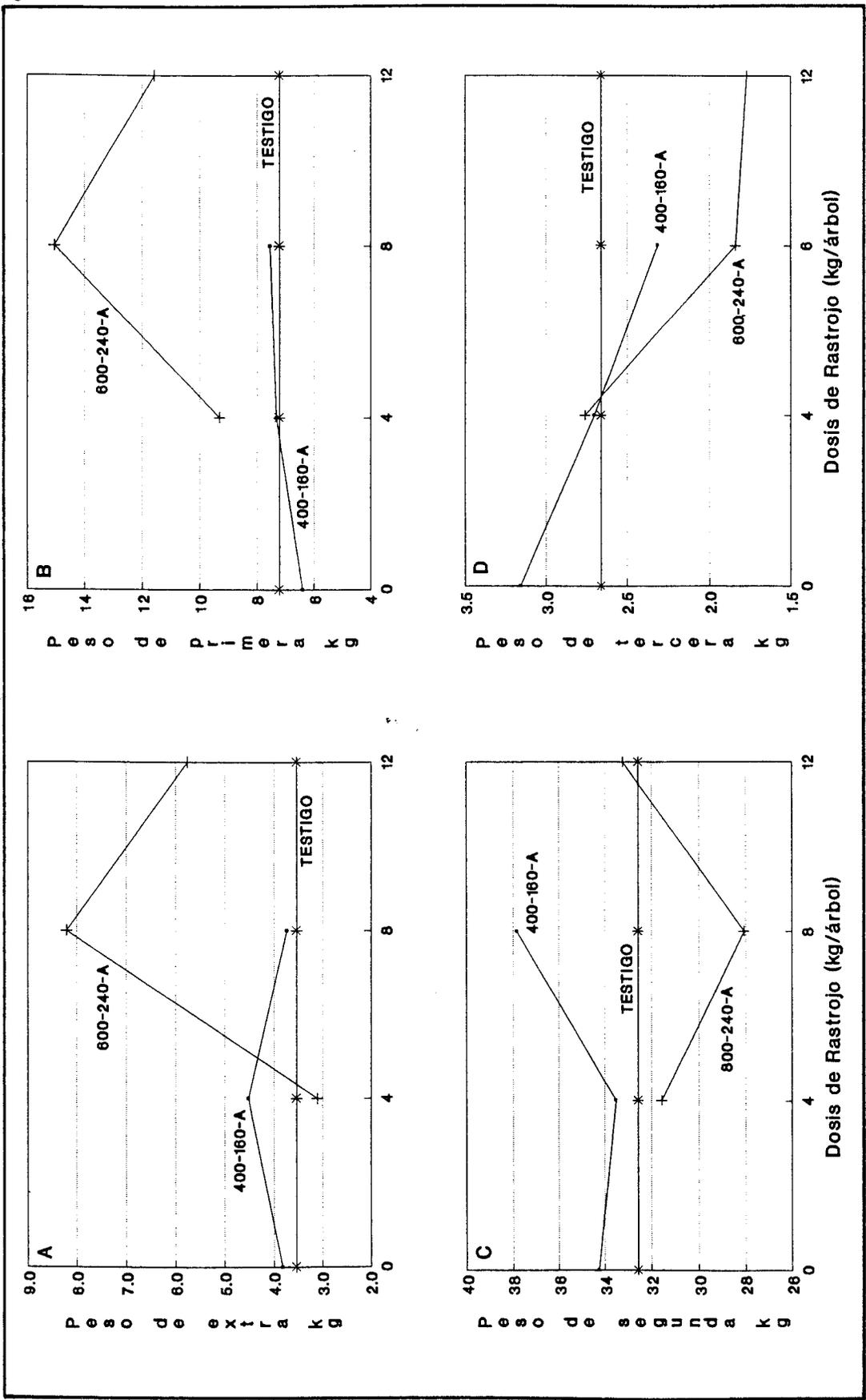


Figura 4.34. Rendimiento de frutos por categoría (kg/árbol) para la aplicación de cuatro dosis de rastrojo como acolchado (valores ajustados). Manzano Golden Delicious/MM11. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

La fertilización potásica mostró una respuesta similar con valores ajustados y observados para el caso de frutos extra y primera, sin embargo el tratamiento 15 con el cual se evalúa el nivel cero de potasio se asoció con un peso significativamente menor de estas dos categorías. Por el contrario, este mismo tratamiento incrementó estadísticamente el peso de frutos de segunda en relación a su tratamiento comparativo (Figura 4.35).

En la descripción del peso total de frutos observado, solo el incremento en producción que se logra al fertilizar con 240 g de fósforo resultó significativo, no obstante, la aplicación de NPK y acolchado presentó respuestas favorables en todos los casos y solo la interacción nitrógeno por fósforo propició una reducción del rendimiento lo mismo que una dosis de 600 g de potasio por árbol (Figura 4.36).

En la Figura 4.36 también se observa que la producción obtenida con el testigo se ubicó en un nivel aceptable comparativamente hablando, lo cual se explica por la estrecha correlación entre el área de la sección transversal del tronco y el peso total de frutos, ya que al inicio del ciclo 1988 el testigo se ubicó entre los seis tratamientos con el ASTT más grande.

En la descripción del rendimiento de frutos ajustado por covarianza, destaca el hecho de que el efecto factorial

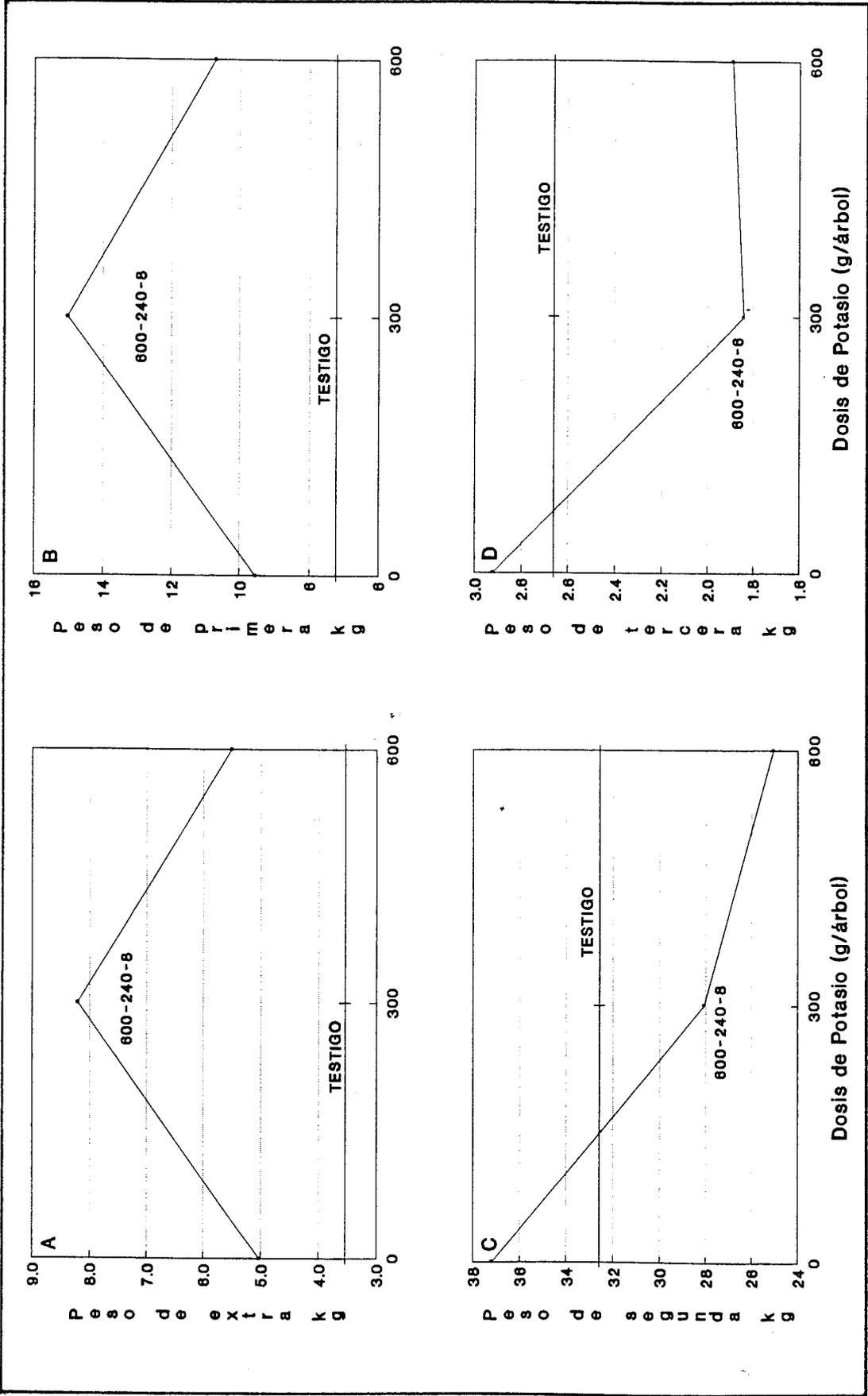


Figura 4.35. Rendimiento de frutos por categoría (kg/árbol) para la aplicación de tres dosis de potasio (valores ajustados). Manzano Golden Delicious/MM11. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

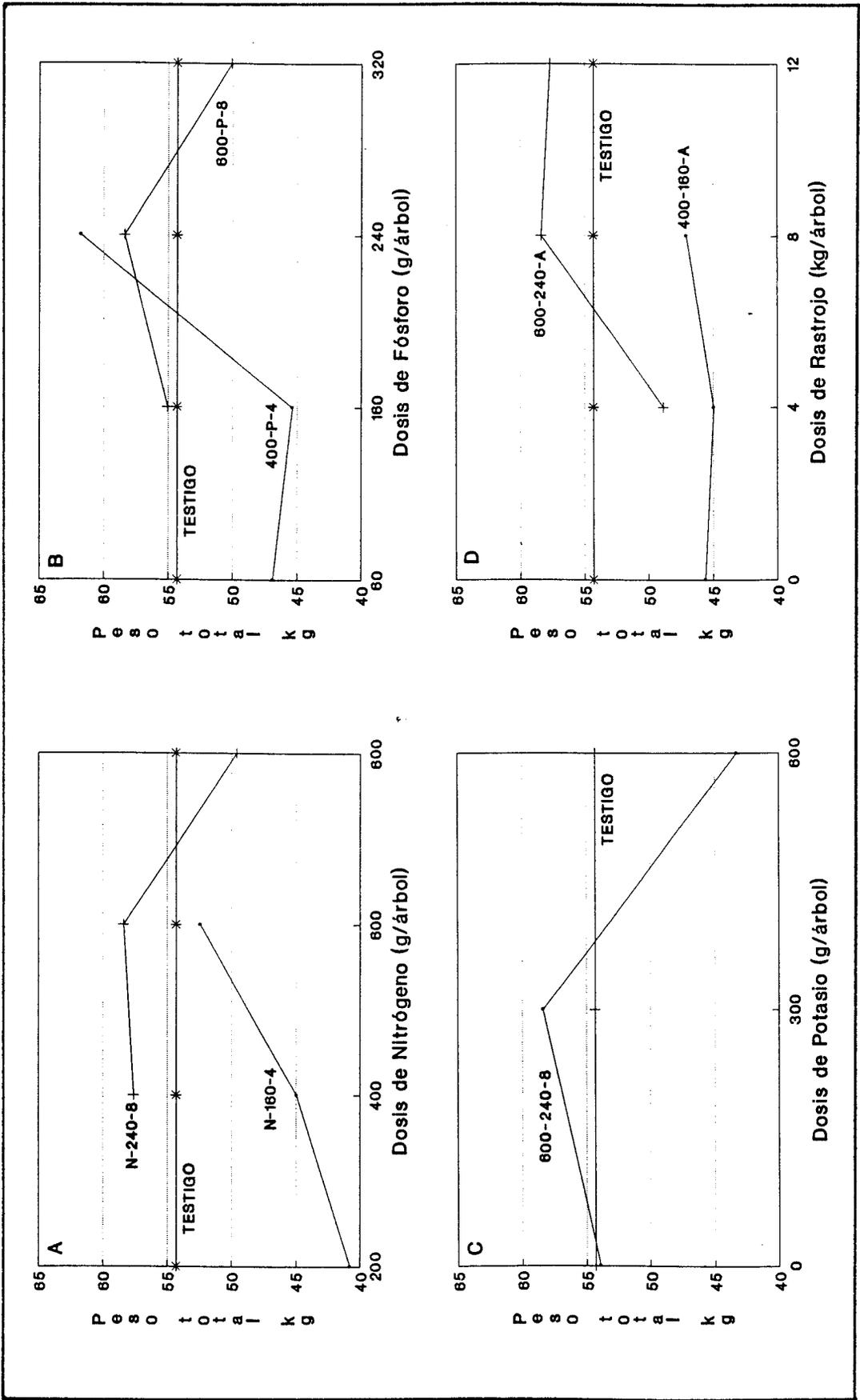


Figura 4.36. Rendimiento total de frutos por árbol para la fertilización nitrofosfatada y potásica bajo acolchado (valores observados). Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

simple para la aplicación de 600 g de nitrógeno, 240 g de fósforo y ocho kg de rastrojo fue positivo en todos los casos, sin embargo dada la interacción negativa NP\*, los mejores rendimientos se obtuvieron cuando cualquiera de estos dos factores se encontraba en su nivel bajo y el otro en su nivel alto (Figuras 4.37a y b).

La aplicación de acolchado presentó el comportamiento más estable en relación a las dosis de rastrojo utilizadas, ya que el rendimiento de frutos se incrementó con su aplicación independientemente del nivel de nitrógeno y fósforo aplicados. Por otra parte, el uso de potasio promovió una reducción del rendimiento de frutos la cual fue significativa al aplicar 600 g por árbol de este elemento.

En la descripción de tendencias para el rendimiento total ajustado, es evidente que en todos los casos la producción obtenida con el testigo fue inferior a los tratamientos de fertilización y acolchado, lo cual, asumiendo que la interacción NPA fue positiva (tratamiento 600-240-8), se traduce en un incremento en producción del 15.6 por ciento en relación al testigo, sin embargo tomando en cuenta que la interacción NP fue significativa, se debe considerar para esta comparación al tratamiento tres (400-240-4) con el cual se obtuvo un porcentaje de incremento en relación al testigo del 27.09 por ciento, es decir, 6.235 toneladas por ha.

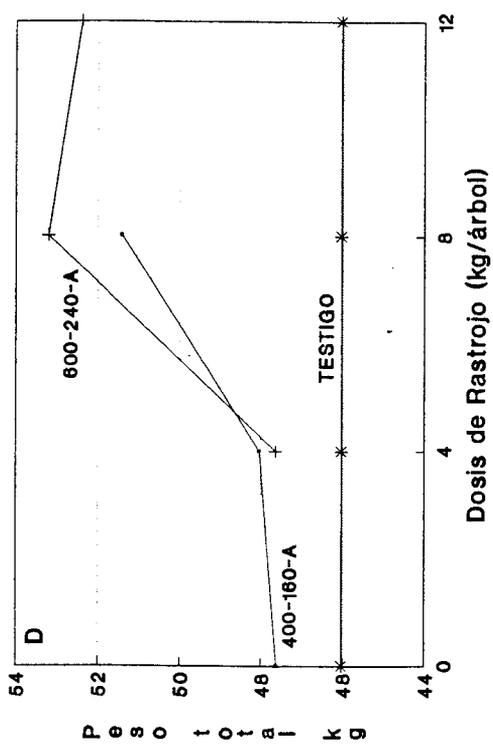
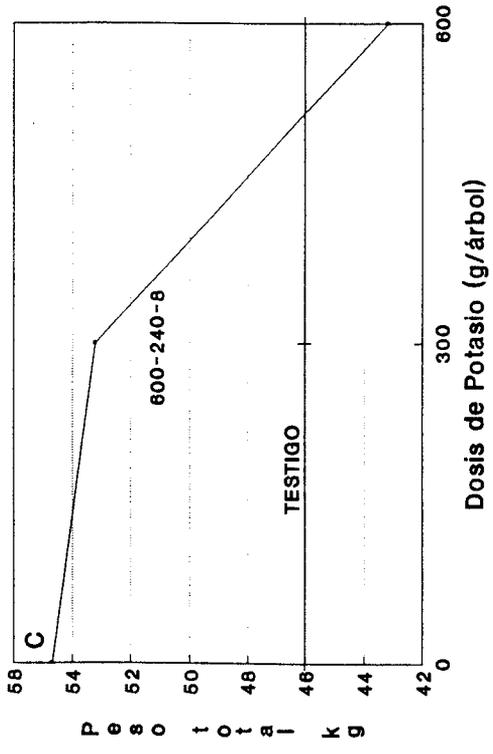
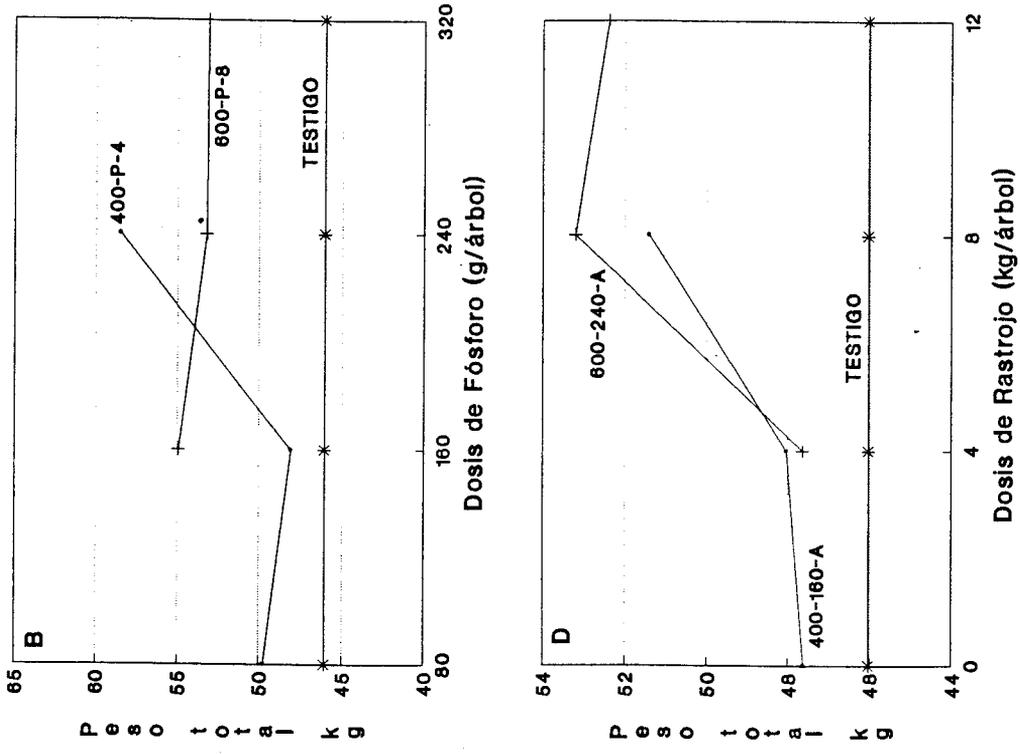
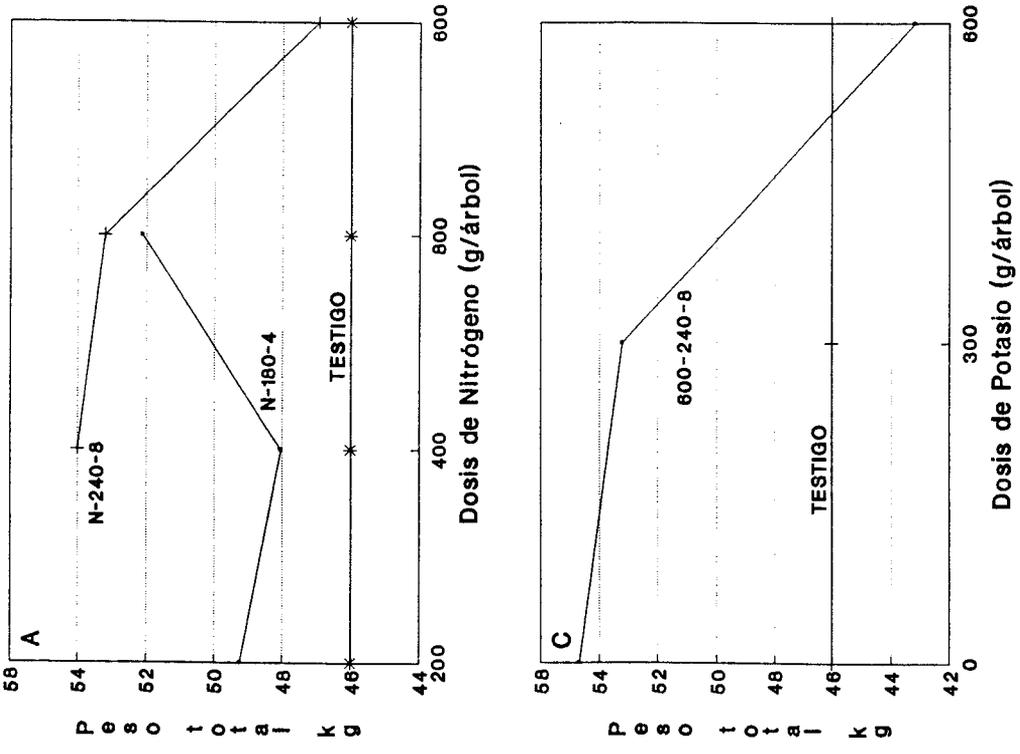


Figura 4.37. Rendimiento total de frutos por árbol para la fertilización nitrofosfatada y potásica bajo acolchado (valores ajustados). Manzano Golden Delicious/MM11. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

La importancia de los resultados obtenidos para la aplicación de NPK y acolchado, radica en el hecho de que el testigo se ubicó por abajo de los tratamientos en el caso de las categorías extra y primera, y superó ampliamente a los tratamientos de fertilización en el caso de las categorías segunda y tercera, lo cual es un indicador favorable del efecto que ejercieron los tratamientos sobre la calidad de frutos en el ciclo 1988.

El comportamiento observado en la descripción de tendencias, se puede explicar en base a los coeficientes de correlación reportados en el Cuadro 4.69, donde se observa que a medida que el número de frutos total es mayor la cantidad de los mismos que se ubica en la categoría segunda y tercera también se incrementa significativamente. Destaca sin embargo la correlación negativa del número de frutos extra y primera con respecto al número de segunda y tercera, lo cual quiere decir, que dado que todos los frutos en alguna etapa de su crecimiento se encuentran en la categoría de tercera, cualquier factor que promueva un mayor crecimiento del fruto reducirá en la misma proporción el número de frutos de esta categoría, es decir, que el desarrollo de un mayor número de frutos extra y primera siempre es a expensas del número de segunda y tercera lo cual explica los coeficientes negativos encontrados.

Cuadro 4.69. Coeficientes de correlación entre el número de frutos total y el número de frutos por categoría. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

Número de Frutos 88	Número de Frutos 1988				
	Total	Extra	Primera	Segunda	Tercera
Total	1	0.015	0.241	0.510**	0.498*
Extra		1	0.923***	-0.426*	-0.718**
Primera			1	-0.242	-0.575**
Segunda				1	0.662**
Tercera					1

En base a lo anterior, se explica por qué el efecto positivo que se observó en general para la aplicación de NPK y acolchado sobre el rendimiento de frutos extra y primera, siempre fue acompañado de un efecto negativo sobre el peso de frutos de segunda y tercera. La correlación tan estrecha entre el número de frutos extra y primera por una parte, y entre el número de segunda y tercera por otra, también explica la respuesta tan semejante en la producción de dichas categorías respecto a la aplicación de los factores evaluados.

En la comparación de la respuesta a los tratamientos aplicados (valores ajustados), se observó que el porcentaje de incremento promedio en la producción total y por categoría fue superior al testigo en todos los casos (Cuadro 4.70). Destacan los valores obtenidos con el tratamiento tres el cual promovió el mayor incremento en producción total durante 1988, y además presentó el mayor índice de vigor en este

ciclo con 1.078 kg de fruto por cada cm<sup>2</sup> de área transversal del tronco. Este tratamiento también promovió incrementos en producción muy superiores al testigo en las cuatro categorías de fruto consideradas.

Cuadro 4.70. Porcentaje de incremento en relación al testigo, del rendimiento total y por categoría para la fertilización nitrofosfatada y potásica bajo acolchado. Manzano Golden Delicious sobre MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

Tratamientos					Porcentaje de Incremento en Producción				
N	P	A	K <sub>2</sub> O	Total	Extra	1a.	2a.	3a.	
1	400	160	4	300	4.37	27.40	1.66	2.92	1.50
2	400	160	8	300	11.64	5.65	4.57	16.15	-13.16
3	400	240	4	300	27.09	25.14	59.56	21.03	16.54
4	400	240	8	300	17.31	-13.56	6.65	15.51	5.26
5	600	160	4	300	13.21	-23.73	-3.88	18.45	45.86
6	600	160	8	300	19.36	23.73	1.52	21.22	41.35
7	600	240	4	300	3.45	-12.43	28.81	-3.13	3.76
8	600	240	8	300	15.60	131.92	108.31	-13.82	-30.83
9	200	160	4	300	6.95	1.98	3.05	6.08	40.60
10	800	240	8	300	2.02	-34.46	-22.99	15.20	34.21
11	400	80	4	300	8.04	25.42	4.57	8.01	2.63
12	600	320	8	300	15.42	-12.71	7.48	15.54	75.94
13	400	160	0	300	3.43	8.19	-11.22	5.13	18.80
14	600	240	12	300	13.82	62.71	60.39	2.03	-33.46
15	600	240	8	0	18.81	42.09	32.27	14.18	9.77
16	600	240	8	600	-6.21	55.65	48.34	-23.06	28.95
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Incremento medio %					10.90	21.23	20.57	7.59	11.47

De acuerdo a la información del Cuadro 4.70, el mayor incremento porcentual en la producción de frutos extra y primera que se obtiene con algunos tratamientos, generalmente va acompañado de un decremento en la producción de frutos de segunda y tercera o viceversa; el caso más

notable se obtiene con el tratamiento ocho el cual produjo incrementos en relación al testigo de 131.92 y 108.31 por ciento para la producción de frutos extra y primera respectivamente, este incremento se tradujo en una reducción del 13.82 y 30.83 por ciento en la producción de frutos de segunda y tercera.

Por el contrario los tratamientos 10 y 12 con los cuales se evaluó la respuesta a 800 y 320 g de nitrógeno y fósforo respectivamente, presentaron decrementos en la producción de frutos extra y primera y un porcentaje de incremento de frutos de segunda y tercera muy superior al testigo. Destaca el hecho de que la aplicación de 320 g de fósforo presentó el mayor porcentaje de frutos de tercera en relación al testigo (75.94 por ciento).

El análisis de correlación entre el rendimiento de frutos y las características físicas del suelo determinadas en 1987, indicó que solo el contenido de humedad se asoció significativamente con el número y peso de frutos de tercera. De los coeficientes negativos encontrados, se dedujo que un mayor contenido de humedad promovió un menor número de frutos de esta categoría (Cuadro 4.71).

Cuadro 4.71. Coeficientes de correlación entre el número y peso de frutos total y por categorías, y algunas características físicas del suelo. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.

Rendimiento de frutos	Característica del suelo	
	1987	
	Da	Pw
No. total de frutos	0.046	-0.129
Peso total de frutos	0.064	-0.031
No. de frutos extra	0.065	0.225
Peso de frutos extra	0.090	0.325
No. de frutos de primera	-0.028	-0.098
Peso de frutos de primera	-0.070	-0.045
No de frutos de segunda	-0.070	-0.314
Peso de frutos de segunda	-0.049	-0.327
No. de frutos de tercera	0.173	-0.443*
Peso de frutos de tercera	0.210	-0.479*
Peso total ajustado <sup>1</sup>	0.068	-0.044

1 Ajustado por covarianza con el ASTT

En 1988 la temperatura y la resistencia del suelo a la penetración correlacionaron significativamente con el número y peso de frutos de primera y extra respectivamente, mientras que el peso y el número de frutos de tercera se asoció significativa y positivamente con la resistencia del suelo a la penetración en el estrato 10-20 y 0-30 cm respectivamente (Cuadro 4.72).

De las características físicas del suelo, el contenido gravimétrico de humedad determinado en octubre de 1987 fue la variable que más correlacionó con el rendimiento de frutos en 1988, principalmente con el número y peso de frutos de categoría extra y primera; sin embargo el contenido de humedad obtenido en septiembre de 1988 y el Pw promedio durante este último ciclo también se asociaron con el peso

total de frutos. Destacó en este análisis que el rendimiento total ajustado por covarianza con el ASTT, correlacionó significativamente con el contenido de humedad en prácticamente todas las fechas en que se determinó esta característica (Cuadro 4.73).

Cuadro 4.72. Coeficientes de correlación entre el número y peso de frutos total y por categoría, y algunas características físicas del suelo. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

Rendimiento	Resistencia a la penetración						
	1988	Da	Temp.	0-10	10-20	20-30	0-30
No. total	0.055	-0.228	0.021	0.280	0.008	0.124	
Peso total	-0.038	-0.362	-0.119	0.301	0.183	0.213	
No. extra	-0.045	-0.285	-0.460*	0.236	0.241	0.157	
Peso extra	-0.043	-0.286	-0.457*	0.232	0.266	0.172	
No. 1a.	-0.095	-0.454*	-0.254	0.250	0.233	0.198	
Peso 1a.	-0.108	-0.440*	-0.255	0.271	0.232	0.205	
No. 2a.	0.314	-0.000	0.062	0.013	-0.211	-0.113	
Peso 2a	0.178	-0.131	0.027	0.124	0.109	0.124	
No. 3a.	0.093	0.193	0.347	0.305	-0.157	0.094	
Peso 3a.	-0.019	0.105	0.382	0.427*	-0.052	0.217	
Peso total <sup>1</sup>	0.131	-0.368	0.306	0.370	0.310	0.403	

1 Ajustado por covarianza con el ASTT

Del análisis de correlación con las características químicas del suelo en 1987, destaca la estrecha relación entre la cantidad de potasio asimilable y el número y peso de frutos total y de categoría extra y primera, así como el efecto negativo que ejerció el Mg intercambiable sobre el número y peso total de frutos y de categoría segunda y tercera; así mismo, el contenido de Mn correlacionó con el número y peso de frutos de segunda y tercera, y el contenido de Fe con el número y peso de frutos extra (Cuadro 4.74).

Cuadro 4.73. Coeficientes de correlación entre el rendimiento de frutos y el contenido de humedad (g/g) en el suelo. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

Rendimiento de frutos 1988	Contenido de humedad 1988				
	Oct. 87	ABRIL	MAYO	SEPT	MEDIA
No. total	0.071	0.240	0.214	0.295	0.323
Peso total	0.331	0.291	0.290	0.429*	0.422*
No. de extra	0.473**	-0.003	0.151	0.259	0.163
Peso de extra	0.496**	0.014	0.155	0.270	0.177
No. de primera	0.482**	0.245	0.254	0.336	0.324
Peso de primera	0.472*	0.225	0.235	0.336	0.308
No. de segunda	-0.030	0.207	0.133	0.253	0.259
Peso de segunda	-0.039	0.159	0.154	0.268	0.264
No. de tercera	-0.452*	-0.146	-0.179	-0.059	-0.134
Peso de tercera	-0.384	-0.054	-0.121	-0.010	-0.059
Peso total <sup>1</sup>	0.225	0.452*	0.367	0.564**	0.577**

1 Ajustado por covarianza con el ASTT

Las correlaciones altamente significativas con los potenciales pK, pK-0.5pCa, pK-0.5pMg, y pK-0.5pCa+Mg, corroboraron la estrecha relación entre los cationes del suelo y el rendimiento de 1987 (Cuadro 4.75).

De la correlación entre el rendimiento de frutos en 1988 y las características químicas del suelo en ese ciclo, destaca la asociación significativa del número y peso de frutos de categoría segunda con el contenido de potasio asimilable, potasio soluble, cobre y boro (Cuadro 4.76), sin embargo, los mejores ajustes se obtuvieron cuando el rendimiento total de frutos se ajustó por covarianza con el ASTT ya que de esta manera tanto la forma asimilable como soluble de potasio presentaron coeficientes de correlación más elevados.

Cuadro 4.74. Coeficientes de correlación entre las variables de producción y las características químicas en suelo. Manzano Var. Golden Delicious/MM11. Los Lirios, Coahuila.

Características 1987	Ciclo 1987											
	No. total	Peso total	No. extra	Peso extra	No. primera	Peso primera	No. segunda	Peso segunda	No. tercera	Peso tercera	No. tercera	Peso tercera
pH	.354	.252	.300	.245	.299	.261	.234	.247	.317	.291		
C.E.	-.183	-.156	-.197	-.182	-.159	-.221	-.007	-.029	-.243	-.231		
Carbonatos	-.024	-.042	-.009	.048	-.012	.009	-.092	-.107	.079	.052		
Materia orgánica	-.255	-.193	-.047	-.025	-.229	-.256	-.322	-.358	.326	-.315		
C.I.C.	.270	.316	.200	.134	.237	.237	.291	.326	.088	.058		
N total	.098	.115	.225	-.071	.092	.131	-.071	-.072	-.008	.001		
P. aprovechable	.226	.232	.378	.348	.255	.251	-.042	-.037	.070	.065		
K asimilable	.456*	.517**	.516**	.477**	.562**	.578**	.184	.197	.131	.106		
K soluble	.315	.313	.315	.271	.417*	.386	.195	.187	.078	.059		
K interc	.077	.119	.163	.179	.031	-.095	.079	.073	-.101	-.101		
Ca soluble	-.115	-.102	-.174	-.168	-.097	-.161	.063	.037	-.154	-.139		
Ca interc.	.138	.021	-.056	-.038	.061	.046	.142	.150	.397	.427*		
Mg soluble	-.203	.165	-.201	-.168	-.169	-.212	-.036	-.059	-.270	-.258		
Mg interc.	-.447*	-.426*	-.237	-.146	-.393	-.345	-.456*	-.476*	-.423*	-.426*		
Fierro	.254	.321	.492**	.479**	.272	.287	-.019	-.007	-.081	-.138		
Manganeso	-.233	-.117	.133	.097	-.093	-.079	-.437*	-.438*	-.587**	-.614***		
Cobre	.178	.173	.203	.181	.088	.074	.102	.118	.122	.084		
Zinc	-.233	-.164	-.134	-.171	-.223	-.184	-.227	-.231	-.216	-.214		
Boro	-.056	-.186	-.294	-.289	-.013	-.028	.072	.072	.247	.262		

Cuadro 4.75. Coeficientes de correlación entre el rendimiento de fruto en manzano y los potenciales catiónicos en el suelo. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.

Rendimiento de fruto 1987	Potenciales Catiónicos					
	pK	pCa	pMg	pK-0.5pCa	pK-0.5pMg	pK-0.5p(Ca+Mg)
No. total de frutos	-.206	.102	.443*	-.331	-.528**	-.429**
Peso total de frutos	-.225	.086	.403*	-.341	-.520**	-.473**
No. de frutos extra	-.294	.138	.416*	-.466*	-.601***	-.569**
Peso de frutos extra	-.254	.159	.403*	-.435*	-.550**	-.539**
No. frutos 1a.	-.319	.054	.404*	-.428*	-.619***	-.535**
Peso frutos 1a.	-.289	.112	.434*	-.438*	-.609***	-.560**
No. frutos 2a.	.079	-.040	.201	-.063	-.224	-.161
Peso frutos 2a.	-.065	-.016	.221	-.065	-.224	-.173
No. frutos 3a.	.089	.160	.434*	-.022	-.215	-.266
Peso frutos 3a.	.111	.152	.404*	.011	-.170	-.225

Cuadro 4.76. Coeficientes de correlación entre las variables de producción y las características químicas del suelo. Manza no Golden Delicious/MMIII. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

Característica 1988	Rendimiento de frutos 1988											
	No. total	Peso total	No. extra	Peso extra	No. la.	Peso la.	No. 2a.	Peso 2a.	No. 3a.	Peso 3a.		
pH	-.124	-.004	.171	.152	.290	.292	-.345	-.305	-.153	-.140		
C.E.	.140	-.011	-.352	-.333	-.399*	-.406*	.444*	.320	.213	.183		
Carbonatos	-.018	-.115	-.026	-.026	-.201	-.193	-.042	-.093	.220	.277		
Materia orgánica	-.103	-.151	.071	.058	-.185	-.177	-.019	-.093	.003	-.032		
C.I.C.	.016	.190	.375	.347	.328	.337	-.004	.066	-.302	-.378		
N total	-.045	.028	-.058	-.056	-.086	-.074	.074	.241	-.018	-.112		
P aprovechable	.121	.231	.286	.308	.139	.146	.125	.159	-.050	.000		
K asimilable	.291	.254	-.018	-.005	.017	.005	.445*	.429*	.084	.104		
K soluble	.202	.293	-.071	-.078	.088	.097	.290	.434*	-.037	-.040		
K interc	.307	.209	.069	.090	.040	.025	.333	.291	.176	.189		
Ca soluble	.173	.001	-.351	-.334	-.393	.399*	.460*	.302	.253	.219		
Ca interc	-.249	-.113	.330	.334	.221	.217	-.377	-.502**	-.221	-.206		
Mg soluble	.168	.028	-.377	-.359	-.399	-.403*	.475**	.361	.230	.200		
Mg interc	-.177	-.082	.040	.045	.122	.126	-.532**	-.158	-.236	-.091		
Hierro	-.083	.003	.326	.309	.253	.262	-.139	-.148	-.068	-.020		
Manganeso	-.129	-.081	.252	.245	.055	.066	-.082	-.002	-.079	-.058		
Cobre	-.530**	-.365	.190	.182	.077	.088	-.531**	-.437*	-.328	-.309		
Zinc	.180	-.205	-.337	-.340	-.313	-.311	.090	.085	.001	-.070		
Boro	.183	.114	-.242	-.238	-.283	-.287	.408*	.488**	.122	.040		

Todos los potenciales catiónicos determinados excepto el pCa correlacionaron con el número y peso de frutos de segunda, la cual constituyó el 72.02 por ciento del rendimiento total en 1988. Cabe destacar que las expresiones catiónicas en forma de potencial, solo correlacionaron con el número y peso de frutos total cuando el rendimiento fue ajustado por covarianza con el ASTT (Cuadro 4.77).

A fin de predecir el comportamiento de la producción de frutos, se correlacionó el rendimiento de 1988 con las características químicas del suelo determinadas en 1987, y se encontró que solo el contenido de magnesio intercambiable se asoció consistentemente con la mayoría de las variables de producción consideradas (Cuadros 4.78 y 4.79).

La concentración foliar de nutrimentos no correlacionó en ningún caso con las variables de producción en 1987 (Cuadro 4.80), sin embargo, en 1988 se obtuvieron correlaciones significativas entre la concentración foliar de nitrógeno y el número y peso total de frutos así como el peso de frutos de segunda; también el contenido de magnesio correlacionó con el número y peso de frutos extra y primera, mientras que el fierro, zinc y boro, lo hicieron con el peso de frutos extra y el número de frutos de primera, con el peso de frutos de segunda, y con el número y peso total de frutos respectivamente (Cuadro 4.81).

Cuadro 4.77. Coeficientes de correlación entre el rendimiento de frutos en manzano y los potenciales catiónicos en el suelo. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

Rendimiento de frutos 1988	Potenciales catiónicos 1988						
	pK	pCa	pMg	pK-0.5pCa	pK-0.5pMg	pK-0.5p(Ca+Mg)	
No. total de frutos	-0.289	-0.250	-0.267	-0.276	-0.210	-0.252	
Peso total de frutos	-0.271	-0.094	-0.118	-0.286	-0.241	-0.305	
No. de frutos extra	0.174	0.291	0.304	0.141	0.108	0.081	
Peso de frutos extra	0.166	0.267	0.286	0.135	0.105	0.080	
No. de frutos 1a.	0.066	0.239	0.297	0.029	0.002	-0.049	
Peso de frutos 1a.	0.069	0.255	0.308	0.030	-0.001	-0.052	
No. de frutos 2a.	-0.500**	-0.372	-0.541**	-0.490**	-0.387	-0.428*	
Peso de frutos 2a.	-0.497**	-0.291	-0.365	-0.502**	-0.440*	-0.492*	
No. de frutos 3a.	-0.089	-0.176	-0.237	-0.067	-0.043	-0.013	
Peso de frutos 3a.	-0.070	-0.195	-0.200	-0.042	-0.030	0.007	
Rendimiento total ajustado	- .549**	-0.259	-0.332	-0.566**	-0.531**	-0.576**	

Cuadro 4.78. Coeficientes de correlación entre las variables de producción en 1988 y las características químicas del suelo en 1987. Manzana Golden Delicious/MMlll. Los Lirios, Coahuila.

Rendimiento de frutos 1988

Característica 1987	No. total	Peso total	No. extra	Peso extra	No. la.	Peso la.	No. 2a.	Peso 2a.	No. 3a.	Peso 3a.
pH	0.284	0.120	-.133	-.125	-.018	-.033	.263	.117	.162	.207
C.E.	0.220	0.099	-.162	-.152	-.062	-.071	.080	.095	.122	.151
Carbonatos	-0.162	-0.110	.076	.071	-.097	-.089	-.062	-.084	-.120	-.069
Materia orgánica	-0.111	-0.035	.150	.156	.051	.036	-.035	.004	-.130	-.233
G.I.C.	0.168	0.061	-.300	-.279	-.204	-.203	.187	.150	.312	.349
N Total	0.275	0.194	.153	.184	.309	.295	.115	.023	.151	.247
P aprovechable	0.208	0.065	-.031	-.019	.125	.102	.185	.056	.026	.072
K asimilable	0.184	0.073	-.284	-.256	-.021	-.046	.128	.185	-.041	.087
K soluble	0.234	0.124	-.087	-.077	.139	.118	.063	.153	-.034	.095
K interc.	-0.046	0.060	.015	.022	-.006	-.014	-.024	.284	-.382	-.379
Ca soluble	0.196	0.068	-.181	-.173	-.054	-.064	.039	.054	.110	.144
Ca interc.	-0.333	-0.261	-.147	.139	-.021	-.011	-.294	-.244	-.054	-.111
Mg soluble	0.122	0.050	-.106	-.096	.007	-.004	-.074	-.028	-.021	.025
Mg interc	-0.452*	-0.108	.579**	.579**	.366	.369	-.558**	-.353	-.622***	-.577**
Hierro	0.408*	0.195	-.166	-.080	.058	.022	.320	-.012	.239	.260
Manganeso	0.002	-0.169	-.327	-.301	-.147	-.185	.107	-.094	.097	.136
Cobre	0.072	-0.172	-.376	-.365	-.320	-.335	.236	-.176	.255	.260
Zinc	0.102	-0.033	-.274	-.263	-.257	-.256	.267	.113	.186	.237
Boro	-0.016	-0.081	-.202	-.286	-.264	-.244	.050	.144	.137	.137

Cuadro 4.79. Coeficientes de correlación entre el rendimiento de frutos en 1988 y los potenciales catiónicos en 1987. Manzano Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila.

Rendimiento 1988	Potenciales catiónicos 1987					
	pK	pCa	pMg	1	2	3
No. total	-0.194	-0.312	-0.003	0.016	-0.201	0.013
Peso total	-0.122	-0.122	0.051	-0.049	-0.164	-0.064
No. extra	0.066	0.244	0.077	-0.117	0.014	-0.127
Peso extra	0.055	0.238	0.074	-0.125	0.006	-0.131
No. 1a.	-0.180	0.089	0.012	-0.289	-0.197	-0.211
Peso 1a.	-0.153	0.102	0.016	-0.267	-0.172	-0.198
No. 2a.	-0.048	-0.179	0.137	0.086	-0.147	-0.018
Peso 2a.	-0.122	-0.170	0.095	-0.010	-0.194	-0.062
No. 3a.	0.123	-0.243	-0.018	0.344	0.141	0.254
Peso 3a.	0.000	-0.271	-0.055	0.218	0.038	0.186
Peso total	-0.319	-0.213	-0.016	-0.213	-0.321	-0.141

\* Ajustado por covarianza con el ASTT

1= pK-0.5pCa

2= pK-0.5pMg

3= pK-0.5pCa+Mg

Del análisis de correlación entre el contenido foliar de nutrimentos en 1987 y el rendimiento de frutos en 1988, solo se encontraron coeficientes significativos entre la concentración de nitrógeno y el peso de frutos de segunda, y entre la concentración de manganeso y zinc y el número y peso de frutos de categoría extra y primera (Cuadro 4.82).

Cuadro 4.80. Coeficiente de correlación entre la producción de fruto por árbol, y la composición foliar durante la primera quincena de agosto. Manzano Var. Golden Delicious/MMLL. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1987.

Rendimiento de fruto 1987	Composición Nutricional										
	%		ppm								B
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu		B
No. total de frutos	0.041	0.003	0.135	0.304	-0.166	0.104	-0.330	-0.100	0.103	-0.058	
Peso total de frutos	-0.024	-0.026	0.104	0.244	-0.088	-0.018	-0.248	-0.181	0.037	-0.085	
No. de frutos extra	0.108	0.031	0.099	0.282	-0.062	0.056	-0.348	-0.145	0.080	-0.087	
Peso de frutos extra	0.115	-0.050	0.095	0.239	-0.034	0.057	-0.338	-0.151	0.047	-0.083	
No. frutos 1a.	0.053	0.071	0.125	0.364	-0.047	0.079	-0.198	-0.049	0.045	-0.120	
Peso frutos 1a.	0.100	0.095	0.124	0.382	0.042	0.114	-0.177	0.016	0.039	-0.129	
No. frutos 2a.	-0.133	0.020	0.180	0.085	-0.198	0.047	-0.226	-0.041	-0.023	-0.089	
Peso frutos 2a.	-0.143	0.019	0.164	0.082	-0.207	0.053	-0.253	-0.067	-0.010	-0.106	
No. frutos 3a.	0.057	-0.131	0.082	0.259	-0.247	0.223	-0.276	0.042	0.290	0.094	
Peso frutos 3a.	0.070	-0.150	0.052	0.267	-0.231	0.202	-0.250	0.026	0.326	0.153	

Cuadro 4.81. Coeficientes de correlación entre la productividad de los árboles y su composición foliar durante la primera quincena de agosto. Los Lirios, Coahuila. Ciclo 1988.

Variables de producción	% Composición Nutricional										ppm	
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B		
No. total de frutos	0.412*	-0.245	-0.149	0.006	-0.162	0.201	0.251	0.398	-0.224	0.416*		
	.089 <sup>1</sup>									.086 <sup>1</sup>		
Rendimiento total	0.522**	-0.179	0.014	-0.012	0.178	0.274	0.169	0.268	-0.208	0.563**		
	.026 <sup>1</sup>									.015 <sup>1</sup>		
No. de frutos extra	0.196	-0.017	0.300	0.036	0.664**	0.398	-0.151	-0.183	0.089	0.272		
					.002 <sup>1</sup>							
Peso de frutos extra	0.197	-0.037	0.280	0.033 <sup>1</sup>	0.655**	0.438*	-0.124	-0.192	0.076	0.288		
					.003 <sup>1</sup>	.069 <sup>1</sup>						
No. de frutos primera	0.172	-0.012	0.261	0.171	0.559*	0.406*	-0.106	-0.072	-0.067	0.375		
					.015 <sup>1</sup>	.094 <sup>1</sup>						
Peso de frutos 1a.	0.184	0.004	0.264	0.161	0.576*	0.391	-0.114	-0.067	-0.044	0.374		
					.012 <sup>1</sup>							
No. de frutos 2a.	0.288	-0.299	-0.210	0.0	-0.432*	0.026	0.166	0.476**	-0.244	0.336		
					.073 <sup>1</sup>			.046 <sup>1</sup>				
Peso frutos 2a.	0.620**	-0.175	-0.184	-0.377	-0.340	-0.066	0.197	0.326	-0.259	0.336		
	.006 <sup>1</sup>											
No. frutos 3a.	-0.041	-0.094	-0.315	0.023	-0.392	-0.132	0.267	0.329	0.086	-0.029		
Peso de fruto 3a.	-0.011	-0.122	-0.357	0.013	-0.325	-0.040	0.320	0.255	0.094	-0.051		

\*, \*\*, \*\*\* Correlación significativa  
<sup>1</sup> Nivel de significancia

Cuadro 4. 82. Coeficientes de correlación entre la producción de frutos por árbol en 1988, y la composición foliar durante la primera quincena de agosto de 1987. Manzano Var. Golden Delicious/MM111. Los Lirios, Coahuila.

Rendimiento de fruto 1988	Composición Nutricional 1987										
	%		Ca		Mg	Fe	Mn	Zn	Cu		B
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	Cu	B
No. total de frutos	-0.382	-0.090	0.019	0.013	-0.106	-0.089	-0.017	0.178	0.136	0.136	-0.159
Peso total de frutos	-0.324	0.020	0.176	-0.024	0.096	-0.090	-0.241	0.330	0.013	0.013	-0.194
No. de frutos extra	0.043	0.022	0.207	-0.032	0.171	0.174	-0.446*	0.504**	-0.122	-0.122	-0.184
							.063	.041			
Peso de frutos extra	0.039	0.001	0.195	-0.045	0.177	0.142	-0.434*	0.485**	-0.129	-0.129	-0.181
							.072	.046			
No. frutos 1a.	0.176	0.215	0.303	0.080	0.202	0.169	-0.402*	0.475**	-0.088	-0.088	-0.121
							.097	.046			
Peso frutos 1a.	0.151	0.209	0.304	0.068	0.203	0.174	-0.409*	0.492**	-0.085	-0.085	-0.129
							.091	.038			
No. frutos 2a.	-0.372	-0.117	0.173	0.124	-0.081	-0.046	0.000	-0.076	0.277	0.277	-0.005
Peso frutos 2a.	-0.544**	-0.054	-0.068	0.072	0.005	-0.299	-0.056	0.036	0.179	0.179	-0.137
	.019										
No. frutos 3a.	-0.395	-0.182	-0.198	-0.100	-0.205	-0.095	0.345	-0.091	0.126	0.126	0.033
Peso frutos 3a.	-0.388	-0.173	-0.186	-0.094	-0.204	-0.076	0.375	0.003	0.108	0.108	-0.073

En la discusión general del rendimiento de frutos en función de los factores evaluados, se analizó en forma global el efecto de los tratamientos sobre las variables de crecimiento y producción de los árboles ya que muchas respuestas se explicaron a través de las relaciones recíprocas entre estas características.

Del análisis de correlación entre las características del suelo y las variables de producción de los árboles, se desprende que tanto la disponibilidad de agua como la condición física del suelo juegan un papel muy importante en la productividad del huerto; los coeficientes negativos en la correlación del contenido gravimétrico de humedad en 1987 y el número y peso de frutos de tercera por un lado, y los coeficientes positivos entre el Pw y el número y peso de frutos extra en el mismo ciclo, dan un claro indicio del efecto que ejerce la disponibilidad de agua sobre la calidad de frutos obtenida. Este contenido de humedad determinado en 1987, también fue determinante sobre la calidad de frutos en 1988 ya que la producción de frutos extra y primera correlacionaron muy estrechamente con esta característica.

La mayor calidad de frutos que se obtiene al incrementar la disponibilidad de agua, está relacionada directamente con el efecto positivo del potencial hídrico sobre el valor del IASTT y el crecimiento de brotes, ya que en ambos casos se obtuvieron correlaciones muy estrechas

entre estas características y el rendimiento total y de frutos extra y primera en 1988.

En base a los conocimientos actuales acerca del efecto del acolchado sobre la disponibilidad de agua en el suelo, se considera que es básicamente a través de esta relación que el uso del rastrojo promovió un mayor rendimiento de frutos y un mayor crecimiento del árbol. Lo anterior se deduce de la estrecha correlación entre el contenido de humedad y el incremento en área de la sección transversal del tronco, el crecimiento de brotes, el rendimiento total y por categoría, y la correlación que entre sí presentaron las características de crecimiento y producción del árbol.

De acuerdo a lo anterior, se considera que la respuesta a la aplicación de acolchado se ubicó entre cuatro y ocho kg por árbol, sin embargo de acuerdo al muestreo de humedad, el potencial hídrico del suelo se incrementó con la aplicación de rastrojo hasta una dosis de ocho kg lo cual para los fines de esta evaluación, se considera como el nivel óptimo de respuesta para el uso de esta práctica en la producción de manzano.

Los coeficientes negativos entre la producción de frutos extra en 1988 y la resistencia del suelo a la penetración en el estrato 0-10 cm, así como la relación

positiva entre el peso de frutos de tercera y la resistencia del suelo a la penetración en la capa de 10-20 cm, nos indican que al igual que las variables de crecimiento, las características físicas del suelo en el huerto experimental no son del todo favorables para la expresión de máximos rendimientos.

Si bien en la discusión para el IASTT ya se explicó la relación que existe entre el potencial hídrico y la tasa de fotosíntesis, la síntesis de proteínas y de pared celular, así como los niveles de metabolismo del nitrógeno, se considera al respecto que existen diferencias varietales y entre portainjertos con respecto a la tolerancia a bajos niveles de humedad; Reyes y Alonso (1991), reportan que los patrones MM106 y MM111 presentan la densidad de raíces más baja comparada con el patrón MM109 y el franco, sin embargo estos mismos autores indican que el portainjerto MM111 presenta una mayor capacidad de osmoregulación lo cual le confiere una mayor adaptación a condiciones de sequía; Silva (1989) coincide con estos resultados. Harold (1978) indica que debido a su sistema radical restringido, los portainjertos enanos (o semienanos) están más expuestos a sufrir estrés hídrico que los árboles sobre patrón estándar.

La característica de MM111 de adaptarse a condiciones de sequía mediante el ajuste osmótico, no implica necesariamente que solo bajo esta condición exprese su mayor

potencial de rendimiento, ya que teóricamente una vez que el estrés hídrico se reduce y la planta se rehidrata, Sambo (1981) cita que los solutos responsables del ajuste disminuyen su concentración en un período de 10 días aproximadamente, y añade que el  $K^+$ ,  $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $NO^-$ , aminoácidos (prolina), azúcares, fosfatos, y ácidos carboxílicos están involucrados en este mecanismo.

De lo anterior se deduce, que un portainjerto con capacidad de osmoregulación como MM111 -aún con una disminución de su eficiencia en el uso del agua-, también debe responder a condiciones de humedad favorables; además ya que la acumulación de solutos implica siempre una mayor absorción de nutrimentos, dicha capacidad de ajuste osmótico estará supeditada en última instancia a una mayor disponibilidad de los mismos en el suelo.

Para el caso de la fertilización nitrogenada, en 1987 la mejor respuesta tanto en rendimiento total como en la producción de las cuatro categorías consideradas se obtuvo con la aplicación de 400 g de este elemento, sin embargo en 1988 esta misma dosis se asoció con el mayor rendimiento de frutos solo cuando los datos se ajustaron por covarianza con el ASTT, ya que para valores observados la mejor respuesta tanto en rendimiento total como en calidad de frutos se obtuvo con 600 g de este elemento.

El menor requerimiento de nitrógeno para la producción de frutos durante 1987, se asoció con la mayor demanda de este elemento para los procesos de crecimiento en ese ciclo, lo cual coincide con Hansen (1980) quien reporta este mismo comportamiento en cuanto a las necesidades de nitrógeno en un ciclo con baja producción.

En 1988, la producción que se obtuvo con 600 g de nitrógeno está asociada con el efecto de este elemento sobre el IASTT durante los tres ciclos evaluados, ya que esta misma dosis fue óptima para esta característica. Lo anterior se vió reflejado en la correlación significativa del área de la sección transversal del tronco con la producción de frutos total y de categoría extra y primera, las cuales son las variables de producción que se asociaron con este nivel de nitrógeno; cabe señalar que el crecimiento de brotes 1987 y 1988 también correlacionó positivamente con la producción de frutos extra y primera en 1988, y que el mayor crecimiento se obtuvo con una dosis de 600 g de este elemento.

En base a estas relaciones, se considera que el efecto de la dosis de 600 g de nitrógeno sobre la producción de frutos en 1988, es una respuesta integral del árbol a la aplicación de este elemento durante los tres ciclos de estudio, esto no contradice lo reportado por Hansen (1980) ya que al evaluar su respuesta con valores ajustados, la dosis de nitrógeno para máximos rendimientos se redujo a 400 g por

árbol, lo cual una vez eliminado el efecto de tratamientos sobre las variables de crecimiento en el ciclo 1986 y 1987, constituye la respuesta *per se* a nitrógeno en el ciclo 1988.

Visto desde esta perspectiva, en 1988 los requerimientos de nitrógeno fueron menores que en 1987 ya que una dosis de 400 g fue óptima tanto para rendimiento total (datos ajustados) como para el incremento en área de la sección transversal del tronco, lo cual confirma los resultados de Hansen (1980).

Si bien las dosis de nitrógeno aplicadas se pueden considerar elevadas en comparación con las que se reportan en otros trabajos, la base teórica para definir las se obtuvo de las investigaciones de Titus y Kang (1982) quienes reportan los requerimientos de nitrógeno para un árbol de 18 a 20 años de edad (Cuadro 4.83).

Cuadro 4.83. Nitrógeno requerido por diferentes partes de un árbol de manzano de 18 a 20 años (Titus y Kang, 1982).

Parte del Arbol	Necesidades de Nitrógeno (g/árbol)
Frutos	180
Hojas	180
Raíces y brotes	160
Removido por la poda	50
Flores y frutos abortados	30
<b>Total</b>	<b>600</b>

En este contexto la respuesta obtenida en esta evaluación coincide con la reportada por estos autores, sin embargo difiere de la encontrada por Kuyan (1984) quien al evaluar de 60 a 270 kg/ha de nitrógeno, encontró que la dosis óptima fue de 60-90 kg/ha. Por su parte, Garami et al. (1988) aplicaron desde cero a 3200 kg de este elemento y concluyeron que 200 kg/ha es la máxima tasa de utilización de nitrógeno por árboles de manzano.

Si se generaliza la conclusión de estos autores, 200 kg/ha corresponden en nuestro caso a una aplicación de 400 g por árbol y entonces las dosis de 600 y 800 g deberían considerarse como excesivas. No obstante, aún cuando en 1988 la mejor respuesta a nitrógeno se ubicó en 400 g por árbol (valores ajustados), dicha cantidad fue óptima para rendimiento total mas no para calidad de frutos lo cual ya se describió en las figuras correspondientes. Al respecto, Link (1980) también reportó evidencias de que un aumento en la dosis de nitrógeno incrementa el tamaño del fruto.

Los resultados de Papp et al. (1988) son contrastantes en este sentido; estos autores evaluaron dosis de nitrógeno de 0-800 kg/ha durante cinco años y encontraron que al incrementar la aplicación de este elemento el tamaño y el peso de los frutos se redujo; sin embargo, si se asume que el crecimiento del fruto es irreversible esta conclusión

es inexacta, más bien el número de frutos que desarrolla a categorías superiores es menor lo cual es más lógico.

La respuesta positiva que se obtiene con niveles superiores a 200 kg/ha, podría explicarse en base a las observaciones de Goode et al. (1978) quienes indican que tales respuestas deben esperarse cuando la concentración foliar de nitrógeno sea un factor limitante, la competencia con cultivos de cobertura sea grande, o bien el nivel de humedad sea inadecuado.

En el primer caso aún cuando la interpretación del contenido foliar de este elemento depende de la referencia que se emplee para este propósito, de acuerdo a la interpretación de Bould (1970) de los rangos óptimos es factible esperar respuesta a la fertilización nitrogenada. Por otra parte, si se considera que el deterioro de las propiedades físicas del suelo se manifiesta a través de adaptaciones morfológicas y/o fisiológicas que implican cambios en la tasa de absorción de agua y nutrimentos, y que el contenido de humedad en el suelo tuvo un marcado efecto sobre las variables de crecimiento y producción de los árboles, se asume que el nivel de humedad no es óptimo para estos procesos y que el ajuste osmótico del árbol implica la necesidad de una mayor absorción de nutrimentos entre ellos el nitrógeno lo cual plantea la necesidad de su aplicación tal como lo reportaron Goode et al. (1978).

Ya que se reconoce en la actualidad que muchos desórdenes fisiológicos que ocurren después de la cosecha pueden ser al menos en parte, una manifestación de la deficiencia de calcio en el fruto inducida por excesos de nitrógeno (Link, 1980), a fin de observar la aparición de mancha amarga, en 1988 se evaluó durante tres meses la capacidad de almacenamiento de los frutos cosechados y no se detectó la presencia de este desorden en ninguno de los tratamientos y categorías evaluados. Una explicación a este fenómeno se puede encontrar en el uso de sulfato de amonio como fuente nitrogenada ya que su utilización disminuye las necesidades de calcio del manzano (Faust, 1980).

Para fines de diagnóstico, el análisis del suelo fue muy útil para predecir esta respuesta ya que un 78 por ciento de las determinaciones ubicaron a este elemento en un nivel de pobre a extremadamente pobre, sin embargo el contenido de nitrógeno no correlacionó en ningún caso con las variables de producción consideradas.

El diagnóstico foliar arrojó interpretaciones contradictorias según las referencias empleadas, ya que en 1987 la concentración de nitrógeno se ubicó en el rango considerado como adecuado según Robinson (1986) y en el marginal según Bould (1987), sin embargo el análisis de correlación no detectó asociación significativa entre el contenido foliar de este elemento y el rendimiento de frutos,

lo cual indica que la interpretación de Robinson (1986) de los rangos óptimos diagnosticó más acertadamente la respuesta a la fertilización; esto fue corroborado con la baja respuesta a la aplicación de este elemento.

En 1988 un 29 por ciento de las muestras se ubicaron en un nivel inferior al óptimo según Bould (1970), mientras que para Robinson (1986) un 65 por ciento de los casos rebasó el rango de suficiencia; la correlación entre la concentración foliar de este elemento y el número y peso de frutos total y de categoría segunda, apoyan el diagnóstico de Bould (1970) lo mismo que los efectos factoriales de la prueba de fertilización. El DRIS por su parte, ubicó al nitrógeno entre los cuatro elementos que el orden de requerimientos señaló como más deficientes.

Para un ciclo de baja producción como 1987, Robinson (1986) diagnosticó más acertadamente las necesidades de fertilización si se toma en cuenta únicamente el rendimiento de frutos, ya que para crecimiento vegetativo la interpretación de Bould (1970) fue más acertada. En este sentido, se considera que para fines de manejo, es conveniente que el estado nutricional de los árboles se encuentre en niveles óptimos aún cuando no exista la expectativa de una buena producción, ya que el manejo que se le de al árbol en estas condiciones también afecta el comportamiento del huerto en los ciclos posteriores. De

acuerdo a lo anterior, se considera que la interpretación de Bould (1986) de los rangos óptimos diagnosticó más adecuadamente la respuesta a la fertilización tanto en ciclos de baja como de alta producción.

Con respecto a la aplicación de fósforo, el uso de este elemento se asoció con la mayor producción de frutos total y por categoría en los dos ciclos considerados; el análisis del suelo fué muy útil para el diagnóstico de esta respuesta ya que las determinaciones correspondientes clasificaron su contenido edáfico en un nivel bajo de acuerdo a la textura y la condición de humedad (Bratos et al., 1984). El análisis foliar también diagnosticó la respuesta a su aplicación ya que de acuerdo a la interpretación de Bould (1970), la concentración de fósforo se ubicó en un nivel inferior al óptimo en todos los tratamientos y en todas las fechas en que se determinó este elemento, mientras que para Robinson (1986) solo un 65 por ciento de los casos se encontraba en esta situación en 1986, un 59 por ciento en 1987, y la totalidad de las muestras en 1988.

A diferencia de los resultados para nitrógeno donde existieron respuestas diferenciales de acuerdo al nivel de producción del huerto, la aplicación de 240 g de fósforo presentó las mejores respuestas tanto para crecimiento como para producción independientemente del ciclo de evaluación.

En ambos ciclos (1987 y 1988), destaca el hecho de que la mayor cantidad de frutos por árbol se asoció con la mayor dosis de fósforo aplicada (320 g), esto resulta importante si se considera que el rendimiento total correlacionó muy estrechamente con el número de frutos producido ( $r = 0.959$  en 1987 y  $0.865$  en 1988), y aún cuando no se dispone de observaciones acerca del número de yemas, racimos florales, aborto de flor, y amarre de fruto, de acuerdo a las observaciones de Marschner (1986) se puede asumir que este incremento en el número de frutos es el indicador de una mayor producción de flores con la aplicación de fósforo, este autor cita que el número de flores en manzano correlaciona casi linealmente con el contenido foliar de este elemento y que además, la deficiencia de fósforo retrasa la iniciación floral. Williams y Thompson (1979) coinciden con estas observaciones, ya que encontraron que al fertilizar con fósforo el número de racimos florales se incrementó en función de la dosis de este elemento, el cual se relacionó también con un aumento en el área de la sección transversal del tronco.

En páginas anteriores se describió la relación que existe entre el número total de frutos y la calidad de los mismos, y se indicó que en 1987 la producción de frutos de tercera contribuyó significativamente con el rendimiento total lo cual no se observó en 1988, esto es importante si se considera que desde el punto de vista de la calidad,

cualquier incremento en el número de frutos de tercera es indeseable y más si este no contribuye significativamente con el rendimiento como en 1988. Lo anterior implica que en 1987 podría justificarse la aplicación de la dosis máxima de fósforo, ya que 320 g de este elemento se asoció con el mayor número y peso de frutos total, sin embargo en 1988 dada la correlación negativa entre el número de frutos extra y primera y el número de segunda y tercera, el incremento en el número de frutos total y de tercera que se observa al aplicar la máxima dosis de fósforo, implicó una disminución significativa del número de frutos extra y primera lo cual se explica por las relaciones de competencia que se establecen entre frutos adyacentes.

En base a lo anterior, se interpreta que en 1988 la aplicación de 320 g de fósforo interfirió con el objetivo de mejorar la calidad de frutos, ya que no obstante que el tratamiento tres produjo la mayor cantidad de frutos y también el mayor rendimiento (valores observados), este no fue óptimo para calidad ya que el tratamiento ocho que produjo 96 frutos menos, promovió 72.96 y 33.64 por ciento más frutos extra y primera que el tratamiento tres respectivamente. Cabe recordar que al usar valores ajustados, la aplicación de 320 g de fósforo se asoció significativamente con el mayor número de frutos en 1988.

Si bien la aplicación de fósforo promueve un mayor desarrollo de estructuras reproductivas (Black, 1969) lo cual es un buen principio para iniciar el ciclo de producción, el hecho de que existan técnicas de aclareo tanto químicas como manuales indica que el número de frutos por árbol debe tener un valor óptimo para la obtención de cosechas de buena calidad, es decir, que en algunos casos podría existir una cantidad excesiva de frutos lo cual también es indeseable. De esto se deduce que la aplicación de 320 g de fósforo se justificaría más en 1987 y 240 g en 1988, ya que esta última dosis se asoció con la mayor calidad del fruto y la reducción en el rendimiento total es casi inapreciable.

Las observaciones de Hansen (1980) en el sentido de que en ciclos con alta producción de frutos el requerimiento de fósforo es menor, se basa en el hecho de que en estos casos hasta un 70 por ciento de la materia seca producida es translocada hacia los frutos, y en que la concentración de este elemento generalmente es menor en los frutos que en la materia seca de las hojas lo cual justifica una menor necesidad de fósforo bajo esta circunstancia.

El efecto del fósforo sobre la calidad del fruto ya fue reportado por varios autores, Black (1969) y Marschner (1986) indican que bajo condiciones de deficiencia, el desarrollo de frutos y semillas se restringe lo cual afecta negativamente la calidad de la cosecha. De manera general, se

puede agregar que dado el efecto del fósforo sobre la mayoría de los procesos metabólicos incluyendo la división y expansión celular, la respiración, la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos, así como la fotosíntesis, la influencia de este elemento sobre el crecimiento autotrófico de las plantas debe también reflejarse en los procesos de crecimiento del fruto.

Desde el punto de vista edáfico, la factibilidad de una respuesta a fósforo en esta evaluación se explica a través de los procesos que gobiernan su tasa de absorción, ya que no obstante que existe una baja disponibilidad de este elemento en el suelo, esta situación se vuelve crítica bajo condiciones de baja disponibilidad de humedad ya que se considera que la cantidad total de fósforo en solución así como su coeficiente de difusión, dependen del contenido volumétrico de humedad. Lo anterior se explica porque a diferencia de los nitratos, la concentración de fosfato en solución no disminuye con un incremento del volumen de agua, esto último también reduce la distancia de difusión mediante una disminución en la tortuosidad de poros.

Así mismo y considerando que un suministro limitado de oxígeno a las raíces del manzano restringe severamente la absorción de fósforo (Habib, 1983), se debe tomar en cuenta que en esta evaluación los valores de la resistencia del suelo a la penetración fueron muy elevados lo cual implica

posibles problemas de aireación. Esto indica que aún bajo un suministro óptimo de fósforo en el suelo la nutrición fosfatada podría ser inadecuada, ya que siendo activa la absorción de este elemento (Mengel Y Kirkby, 1982) dicho proceso estaría supeditado a un adecuado suministro de oxígeno a las raíces.

En la interpretación de la respuesta a nitrógeno y fósforo con respecto al rendimiento de frutos, se puede seguir un criterio fisiológico y uno económico; el criterio fisiológico indica que en ciclos de baja o nula producción se puede manejar el huerto con el objetivo de proporcionar un mayor vigor y una mejor estructura al árbol, mientras que el criterio económico de acuerdo a Bates (1971), indica que solo se recomendaría fertilizar cuando la aplicación de este insumo represente ganancias para el productor. En sentido estricto, el criterio de este autor solo se puede aplicar en 1988 ciclo en el cual se podría realizar un análisis económico, sin embargo considerando que solo un porcentaje muy bajo de años se presentan las condiciones necesarias para obtener un rendimiento similar, el análisis económico no tiene ninguna utilidad en ciclos donde solamente se tiene crecimiento vegetativo, ya que en la relación insumo/producto o costo/beneficio no se atribuye ningún valor a la ganancia en vigor o a la formación de madera y de estructuras reproductivas.

En base a lo anterior, la obtención de una dosis óptima económica y/o fisiológica solo se considera útil para el ciclo en que se determinó, ya que los procesos de crecimiento y producción del árbol son extremadamente dinámicos tal como se observó en esta investigación.

En relación a los tratamientos exploratorios para potasio, la respuesta generalizada a este elemento se ubicó en una dosis de 300 g por árbol. La determinación del potasio asimilable, soluble, e intercambiable, no fue útil para el diagnóstico de la misma ya que en el primer caso, el análisis correspondiente indicó un nivel extremadamente rico de este elemento lo cual no corresponde a la respuesta obtenida con su aplicación. La expresión del potasio en forma de potencial fue muy útil en este sentido, ya que los valores de  $pK$ ,  $pK-0.5pCa$ ,  $pK-0.5pMg$ , y  $pK-0.5pCa+Mg$ , correlacionaron significativamente con el rendimiento de frutos 1987 y 1988.

Si bien el objetivo principal del uso de los potenciales catiónicos fue definir el efecto del acolchado sobre la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, este enfoque fue muy útil para predecir la respuesta a la fertilización potásica.

Por otra parte, el diagnóstico nutricional indicó que en 1987 la concentración foliar de potasio en la totalidad de los tratamientos se ubicó en el rango considerado como

adecuado según Bould (1970), mientras que para Robinson (1986) un 47 por ciento de las muestras se encontraba por encima del rango óptimo. Por el contrario, en 1988 ambos autores coincidieron en señalar que la concentración foliar de potasio era inferior a la óptima, en lo cual coincidió el DRIS cuyo orden de requerimientos ubicó a este elemento en el primer lugar dentro de las necesidades de fertilización en ese ciclo.

Si bien en manzano los requerimientos de potasio son tres veces superiores a los de nitrógeno según Trocme y Gras (1979), estos resultados no se pueden considerar concluyentes ya que no se toman en cuenta las interacciones con los demás factores bajo estudio. No obstante, las tendencias obtenidas en esta investigación sugieren el establecimiento de estudios más detallados donde se involucren las características fisico-químicas, el nivel de humedad, así como la determinación de la disponibilidad efectiva de este elemento en la solución del suelo, es decir, tomando en cuenta el pronunciado efecto que ejerce la compresión, la labranza y la aireación, sobre la tasa de absorción de este elemento (Cortés y Uvalle, 1988), todo lo cual proporciona una aproximación más exacta de la respuesta de los cultivos a su aplicación.

El estudio de las relaciones catiónicas para estimar el equilibrio K:Ca:Mg no arrojó resultados satisfactorios,

esto se debe a que los valores óptimos utilizados no son extrapolables a las condiciones del suelo en el huerto experimental. De acuerdo a esta metodología, existe un desbalance entre estos elementos que ubica al magnesio en una condición de deficiencia con respecto al calcio y el potasio, sin embargo los análisis de correlación indican que el contenido de Mg expresado en forma intercambiable y como potencial magnésico, se asoció negativa y significativamente con el rendimiento de frutos lo mismo que su concentración foliar. Este efecto negativo del magnesio sobre el número total de frutos en 1988, explica las correlaciones positivas y significativas entre la concentración foliar de este elemento y el número y peso de frutos extra y primera, ya que partiendo de la hipótesis de que el número total de frutos fue excesivo durante ese ciclo, un factor como magnesio que ejerció un efecto depresivo sobre la cantidad de frutos total promovió indirectamente una mejor calidad de fruta, la explicación de lo anterior ya se citó anteriormente y se complementa con la información del Cuadro 4.69.

De los resultados de esta investigación también se desprende la necesidad de explorar la respuesta a la aplicación de zinc, ya que la concentración foliar de este elemento se diagnosticó como deficiente según ambos criterios de interpretación de los rangos óptimos, esto se corroboró en la relación positiva entre el crecimiento y la producción del árbol y el contenido foliar de este nutrimento. Si bien se

reporta que la deficiencia de zinc está asociada con un exceso en la fertilización fosfatada, la escasa correlación entre la concentración foliar de estos nutrimentos indica que la baja concentración de zinc es independiente del nivel de aplicación de fósforo, lo cual descarta una deficiencia de zinc inducida por fósforo y hace más factible una respuesta a su aplicación.

Antes de emitir las conclusiones de esta investigación, se debe señalar que aún cuando se seleccionaron las variables pertinentes de acuerdo al diagnóstico preliminar de la problemática del cultivo, el estudio del comportamiento de los árboles durante tres ciclos consecutivos es uno de los mayores aciertos de esta evaluación, ya que en especies como el manzano la naturaleza perenne de su crecimiento obliga a la observación de las unidades experimentales por varios años, por lo cual el establecimiento de experimentos a largo plazo es de vital importancia si se quiere obtener una mayor comprensión del efecto de las prácticas de manejo sobre el comportamiento de este frutal (Brown, 1991).

Army y Kemper (1991) coinciden en señalar que la agricultura es una empresa a largo plazo y que sin embargo, la mayoría de los proyectos se realizan en un período medio de un año o de un ciclo y cita que en los aproximadamente 3000 reportes tecnico-científicos por día que se generan en

el mundo, tan solo unos pocos investigadores están involucrados con estudios a largo plazo.

Con relación a este tipo de estudios y dado lo costoso que resultan, se debe tener especial cuidado en la determinación de las características a evaluar; al respecto Hillel (1991) indica que una decisión crucial en cualquier proyecto de investigación, es definir el qué investigar, ya que debido a las limitaciones de tiempo y recursos y ante la existencia de un gran número de alternativas que pueden ser igualmente interesantes, importantes y pertinentes, muchas veces se debe tomar dicha decisión sin un conocimiento pleno del sistema que se estudia, lo cual según Simonson (1991) dificulta la formulación de hipótesis y teorías.

Ya que la comprensión del sistema es básico para el planteamiento de alternativas de solución a los problemas detectados, Simonson (1991) sugiere que dada la gran cantidad de procesos que ocurren en el suelo y la multitud de interacciones entre estos y otros componentes del ambiente, es necesario mejorar la comprensión de los principios básicos de las disciplinas involucradas en el estudio de los suelos. Hillel (1991) coincide al agregar que se debe poner menos énfasis en el desarrollo de modelos cada vez más sofisticados y dedicar más tiempo al estudio de los aspectos básicos.

Con respecto a la evaluación de suelos, se ha indicado que en lo futuro es necesario disponer de mejores técnicas para evaluar las características del suelo *in situ* y en una escala apropiada, ya que muchos problemas se derivan de la falta de comprensión de los procesos a gran escala. Además, ya que es claro que la escala de las mediciones debe ser acorde con la escala del fenómeno que se desea caracterizar, es necesario disponer de información que precise bajo que circunstancias las características del suelo se pueden determinar como variables puntuales y en cuales como características volumétricas.

Debido a la tendencia actual de hacer más comprensibles las evaluaciones de campo, hoy en día los experimentos a largo plazo son más complejos; en el pasado, los experimentos eran diseñados para evaluar un factor a la vez manteniendo todos los demás factores constantes, mientras que el criterio actual es de que en sistemas abiertos, cuando se modifica un solo factor inevitablemente se conduce a una variación de otros factores; lo anterior implica que para ser realistas, los experimentos deben tomar en cuenta una gran cantidad de factores relevantes y ser conducidos durante varios años (Hillel, 1991), este criterio del autor coincide con el adoptado en esta investigación, ya que se involucró la mayor cantidad posible de variables pertinentes.

## V. CONCLUSIONES

1. Las características físicas del suelo son desfavorables para el crecimiento del manzano en el huerto experimental.
2. El suministro de agua y nutrimentos es inadecuado para el desarrollo óptimo del cultivo.
3. El diagnóstico nutricional del huerto ubica la concentración foliar de algunos elementos en el umbral de la deficiencia.
4. El uso de rastrojo como acolchado incrementa la disponibilidad de agua y nutrimentos en el suelo.
5. El acolchado incrementa la eficiencia de los fertilizantes y promueve una mayor absorción de nutrimentos por el manzano.
6. La aplicación de nitrógeno, fósforo, potasio, y acolchado del suelo, incrementa el rendimiento y la calidad de frutos del manzano Golden Delicious sobre patrón MM111.

7. La aplicación de nitrógeno, fósforo, potasio, y acolchado del suelo, incrementa el área de la sección transversal del tronco, el crecimiento de brotes, y mejora el estado nutricional del manzano.
8. La condición productiva del huerto afecta la tasa de crecimiento, el estado nutricional, y las necesidades de fertilización del cultivo.
9. El diagnóstico nutricional del cultivo es afectado por el enfoque y los criterios de interpretación que se utilicen, un diagnóstico integrado es la mejor alternativa en la determinación de los problemas nutricionales del manzano en la zona bajo estudio.

## VI. RESUMEN

Esta investigación se llevó a cabo de enero de 1986 a octubre de 1988 en la localidad de Los Lirios, municipio de Arteaga, Coahuila. Los objetivos planteados en el presente trabajo fueron los siguientes:

1. Incrementar el rendimiento y la calidad de frutos en manzano mediante la selección de las mejores dosis de nitrógeno, fósforo, potasio, y acolchado del suelo.
2. Evaluar el efecto de cuatro dosis de nitrógeno, fósforo y acolchado del suelo, sobre el crecimiento de brotes, el incremento en área de la sección transversal del tronco, el estado nutricional, y el rendimiento y la calidad de frutos del manzano variedad Golden Delicious sobre patrón MM111.
3. Determinar el efecto del acolchado sobre la disponibilidad de agua y nutrimentos, la eficiencia de los fertilizantes aplicados, y sobre algunas características físico-químicas del suelo.
4. Determinar el efecto de la alternancia sobre el patrón de crecimiento y las necesidades de fertilización del manzano.

Los tratamientos evaluados fueron los resultantes de una matriz Plan Puebla 1, donde los factores y niveles en

estudio fueron nitrógeno con 200, 400, 600 y 800 g/árbol, fósforo con 80, 160, 240 y 320 g/árbol, rastrojo como acolchado con 0, 4, 8 y 12 kg/árbol, y potasio con 0, 300 y 600 g/árbol. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de un árbol por parcela de la variedad Golden Delicious sobre patrón MM111 plantado a 5x4 m. Las características evaluadas fueron temperatura, potencial hídrico, densidad aparente, y resistencia del suelo a la penetración; la disponibilidad de nutrimentos bajo el acolchado expresada como potenciales catiónicos, el crecimiento de brotes, el incremento en área de la sección transversal del tronco, el estado nutricional, y el rendimiento y la calidad de frutos.

Se obtuvieron diferencias significativas en el contenido de humedad del suelo, y en general el potencial hídrico se incrementó en función de la dosis de rastrojo hasta un nivel de ocho kg por árbol. La temperatura del suelo también fue afectada significativamente por los tratamientos de acolchado, los cuales promovieron una disminución en el valor de esta característica. Por otra parte, los tratamientos aplicados no afectaron significativamente la resistencia del suelo a la penetración, sin embargo los valores obtenidos fueron muy superiores a los reportados en la literatura. Para la variable densidad aparente, solo en 1988 se observó efecto significativo para la aplicación de nitrógeno así como para la interacción nitrógeno por

acolchado en el análisis factorial; los valores de esta característica se consideraron normales para un suelo de textura arcillosa sin embargo se debe tener en cuenta que esta determinación se llevó a cabo en el estrato 0-15 cm.

En relación a la disponibilidad de nutrimentos, se observó que el valor promedio del  $pK$ ,  $pCa$ ,  $pMg$ ,  $pK-0.5pCa$ ,  $pK-0.5pMg$ , y  $pK-0.5p(Ca+Mg)$  en los tratamientos con acolchado, fue menor que el obtenido en aquéllos sin acolchar lo cual indica una mayor disponibilidad de K, Ca y Mg bajo este sistema, y a nivel de absorción, se detectó que el acolchado tendió a incrementar la concentración foliar de N, P, K, Ca, Mg, y B, lo cual se considera una evidencia indirecta del efecto de esta práctica sobre la disponibilidad de dichos nutrimentos.

Con respecto al diagnóstico nutricional, se observó que al comparar el diagnóstico según los enfoques utilizados, se encontró que tanto el rango óptimo (Bould, 1970; Robinson, 1986) como el DRIS, detectaron la deficiencia de K y Mg; DRIS y rango óptimo según la interpretación de Bould (1970), coinciden en los cuatro elementos que el orden de requerimientos señala como más deficientes, y que son el K, Mg, B, y N, sin embargo el DRIS no detectó la deficiencia de P y Zn los cuales aparecen como deficientes en casi la totalidad de las muestras según ambos criterios de interpretación de los rangos óptimos. Con respecto a los

elementos que se encuentran en exceso o suficiencia relativa, ambos enfoques coinciden en señalar al manganeso como el nutrimento que se encuentra en esta situación; también el Boro según Bould (1970) y el N y Mg según Robinson (1986) están en niveles superiores al óptimo, mientras que el DRIS detectó que el Fe, Cu y Zn también se encuentran en una condición de suficiencia relativa o exceso.

En relación al incremento en área de la sección transversal del tronco, el ANVA no detectó diferencia significativa entre tratamientos para ningún período de evaluación, y solo se encontró significancia en 1988 al comparar el testigo contra el resto de los tratamientos en la prueba de contrastes ortogonales. En el análisis factorial, se encontró significancia del acolchado y de la interacción AP en el primer ciclo de evaluación; efecto factorial significativo del fósforo en 1987, y del acolchado en 1988, mientras que en el IASTT acumulado durante los dos primeros ciclos, durante los dos últimos, y el acumulado durante los tres ciclos de evaluación, el fósforo fue el único efecto factorial significativo.

En el ANVA para el crecimiento de brotes no se encontró diferencia significativa entre tratamientos en ningún ciclo de evaluación, y solo se observó significancia en el crecimiento de 1988 y en el acumulado de 1987 a 1988 en el contraste del testigo contra el resto de los tratamientos.

En el análisis factorial de la matriz PP1, se encontró significancia para la interacción NA y para la aplicación de 200 g de N en 1986, para la interacción NA y la aplicación de fósforo en 1987, y para la interacción NPA y la aplicación de 320 g de fósforo en 1988. En el crecimiento acumulado de 1986 a 1987, de 1987 a 1988, y de 1986 a 1988, se observó que el fósforo fue el único efecto factorial simple que presentó significancia, sin embargo en el período 86+87 también la interacción NA y la comparación de medias hacia el nivel de 200 g de nitrógeno, de cero y 12 kg de rastrojo, y también la comparación con la dosis de cero y 600 g de potasio resultaron estadísticamente significativas. Por otra parte en el período 87+88 también resultó significativa la interacción NA y la aplicación de 600 g de potasio, mientras que en el período 86-88 y en la comparación hacia las prolongaciones de la matriz, solo se encontraron diferencias estadísticas para la aplicación de 200 g de nitrógeno por árbol.

En el ANVA para el número y peso total de frutos y por categoría, se registraron diferencias significativas entre tratamientos en el número de frutos extra y en el número y peso de frutos de tercera en 1987, así como en el número y peso de frutos de categoría primera en el ciclo 1988. En el contraste del testigo contra el resto de los tratamientos, se encontraron diferencias altamente significativas solo en la producción de frutos de tercera en

1987. En el análisis factorial de 1987, la aplicación de nitrógeno afectó significativamente el peso y el número de frutos total y de categoría extra, primera y tercera, así como del acolchado y la interacción AP sobre el peso y el número de frutos extra y del fósforo sobre el peso y el número de frutos de tercera. La aplicación de 80 g de  $P_2O_5$ , cero kg de acolchado, y la fertilización con 600 g de potasio, produjeron un número significativamente menor de frutos de primera y extra respectivamente. La aplicación de 320 g de fósforo incrementó significativamente el peso frutos de tercera. Con valores observados, en 1988 se observó efecto factorial significativo del fósforo y de la interacción NA sobre el número y peso de frutos extra y primera, el fósforo también lo hizo con el peso total de frutos, la interacción NP con el peso y el número de frutos total, segunda y tercera, y la interacción NPA con el número y peso de frutos de primera. La aplicación de 800 g de nitrógeno y 320 g de fósforo promovió un número y peso significativamente menor de frutos extra y primera, este último elemento también se asoció con el mayor número y peso de frutos de tercera. Los tratamientos 15 y 16 con los cuales se evaluó la respuesta a 0 y 600 g de potasio, disminuyeron significativamente el número y peso de frutos de primera.

Con valores ajustados por covarianza, el análisis factorial de 1988 indicó efecto significativo de la interacción NP sobre el número y peso de frutos total y sobre

el número de tercera; la aplicación de fósforo incrementó el número y el peso de frutos de primera; la interacción NA el número y el peso de frutos de primera y el número de frutos extra; y la interacción NPA el número y peso de frutos de primera. La aplicación de fósforo y las interacciones NA y NPA incrementaron el número y el peso de frutos de primera; el acolchado incrementó el peso de frutos extra; la interacción NP el número y peso total de frutos y de categoría segunda, lo mismo que el número de tercera; la interacción NA incrementó el número de frutos extra. La aplicación de 800 g de nitrógeno y 320 g de fósforo disminuyó el número y el peso de frutos de primera lo mismo que la dosis de cero y 600 g de potasio; 800 g de nitrógeno se asoció con un número significativamente menor de frutos extra y uno mayor de segunda; 320 g de fósforo promovieron el mayor número de frutos total y de categoría tercera, y la aplicación de 600 g de  $K_2O$  disminuyó significativamente el peso de frutos total.

## VII. LITERATURA CITADA

- Alan, H. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soil borne pathogens. *Phytopathology*. 66(5):530-535.
- Army, T.J., and W.D. Kemper. 1991. Support for long term agricultural research. *Agronomy Journal*. 83(1):62-65.
- Atkinson, D., and G.C. White. 1980. Some effects of orchard soil management on the mineral nutrition of apple trees. In: Atkinson, D., J.E. Jackson, R.O. Sharples, and W.M. Waller (Eds.). *Mineral nutrition of fruit trees*. Butterworth Inc. Boston, USA. p. 241-254.
- Baker, C.E. 1941. The effect of different methods of soil management upon the potassium content of apple and peach leaves. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 39:33-37.
- Barber, S.A. 1984. *Soil nutrient bioavailability. A mecanism aproach*. John Wiley & Sons. 397 p.
- Bates, T.E. 1971. Factors affecting critical nutrient concentration in plants and their evaluation: A review. *Soil Sci.* 112:116-130.
- Bates, T.E. 1971. Factors affecting critical nutrient concentration in plants and their evaluation: A review. *Soil Science.* 112:116-130.
- Batjer, L.P. 1963. Effects of pruning, nitrogen and scoring on growth and bearing characteristics of young "Delicious" apple trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 82:5-10.
- Baver, L.D., W.H. Gardner y W.R. Gardner. 1980. *Física de suelos*. UTHEA. México. 529 p.
- Beaufils, E.R. 1973. Diagnosis and recomendation integrated system (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. *Soil Sci. Bull. No. 1*. University of natal, Pietermaritzburg, South Africa. 132 p.

- Benson, N.R., R.M. Bullock, I.C. Chmelir, and E.S. Degman. 1957. Effects of levels of nitrogen and pruning on "Starking" and "Golden Delicious" apples. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 70:27-39.
- Beverly, R.B., J.C. Stark, J.C. Ojala, and T.W. Embleton. 1984. Nutrient diagnosis of "valencia" oranges by DRIS. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109:649-654.
- Bidwell, R.G.S. 1979. Fisiología vegetal. A.G.T. Editor, S.A. México. 784 p.
- Black, C.A. 1969. Phosphorus nutrition of plants in soils. HortScience. 4(4):314-320.
- Bohn, H.L., B.L. Lal, and G.A. O'Connor. 1979. Soil chemistry. A Wiley-Interscience publications. p. 28-32.
- Bould, C. 1970. The nutrition of fruit trees. In: Luckwill, L.C., and V. Cutting (Eds.). Physiology of the tree crops. Academic press. London. p. 223-234.
- Bould, C., and R.M. Jarret. 1962. The effect of cover crops and NPK fertilizers on growth, crop yield and leaf nutrient status of young apple trees. J. Hort. Sci. 37:58-62.
- Boynton, D., and G.H. Oberly. 1966. Apple nutrition. In: Childers, N.F. (Ed.). Fruit nutrition. Temperate to tropical. p. 1-50.
- Boynton, D., R.M. Smock, and L.C. Anderson. 1952. Shortterm effects of non-leguminous hay mulch and nitrogen fertilizers separately in varying combinations on the behavior of McIntosh apple trees. A progress report. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 59:103-110.
- Bramlage, W.J., M. Drake, and W.J. Lord. 1980. The influence of mineral nutrition on the quality and storage performance of pome fruits grown in North America. In: Atkinson, D., J.E. Jackson, R.O. Sharples, and W.M. Waller (Eds.). Mineral nutrition of fruit trees. Butterworth Inc. Boston, USA. p. 29-39.
- Bratos, J., G. Sicilia, y A. Remesal. 1984. Análisis de suelos. Burgos, España. 181 p.
- Broeshart, H., and H. Keppel. 1984. A comparison of nitrogen uptake from mineral fertilizer and mulch by apple trees using <sup>15</sup>N labelling techniques. Soil and fertilizers. 46(8):4.

- Brown, J.R. 1991. Summary: Long term field experiments symposium. *Agronomy Journal*. 83(1):85.
- Calderón A., E. 1987. La poda de los árboles frutales. Limusa. México. 549 p.
- Castellanos R., J.Z. 1985. El medio ambiente físico del suelo y su modificación mediante la aplicación de materia orgánica. SMCS. Tema didáctico No. 2. Matamoros, Coahuila. 30 p.
- Cepeda D., J.M. 1988. Apuntes del curso de química de suelos. Programa de graduados. UAAAN. Saltillo, Coahuila. México. 85 p.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1977a. Carta de climas. San Antonio de las Alazanas. Escala 1:100,000. 1 hoja.
- 
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1977b. Carta edafológica. San Antonio de las Alazanas. G14 C35. Escala 1:100,000. 1 hoja.
- Cortés J., J.M. y J.X. Uvalle. 1988. Evaluación de 4 densidades de población y 4 dosis de potasio, en dos formas de aplicación en maíz en el Valle de Yaqui, Sonora. En: Pacheco M., F. (Comp.). Avances de la Investigación No. 18. Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste. INIFAP-SARH. p. 38.
- Cripps, L.E. 1971. The influence of soil moisture on apple root growth and root:shoot ratios. *J. Hort. Sci.* 46:121-130.
- Cruz D., J. 1984. El uso de los parámetros Q/I y de los potenciales químicos (Potasio, Calcio y Magnesio) como una medida de la disponibilidad nutrimental en algunos suelos cañeros de México. Tesis. Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 214 p.
- Chan C., J.L., R.D. Valdéz y M.H. Pérez. 1985. Normas de diagnóstico foliar para duraznero en condiciones de riego. Informe de investigación. CIFAP-Zacatecas. INIFAP-SARH. 19 p.
- Davee, D.E., T.L. Righetti, E. Fallahi, and S. Robbins. 1986. An evaluation of the DRIS approach for identifying mineral limitations on yield in "Napolean" sweet cherry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 11(6):988-993.
- Davidson, J. 1982. Black plastic's benefit on young fruit trees and bushes. *Plasticulture*. 53:35-46.

- Dow, A.I., and S. Roberts. 1982. Proposal: Critical nutrient ranges for crop diagnosis. *Agron. J.* 74:401-403.
- Elfving, D.C. 1988. Economic effects of excessive vegetative growth in deciduous fruit trees. *Hort. Sci.* 23(3):461-463.
- Elwali, A.M., and G.J. Gascho. 1984. Soil testing, foliar analysis and DRIS as guides for sugarcane fertilization. *Agron. J.* 76:466-470.
- Elwali, A.M., G.J. Gascho, and M.E. Sumner. 1985. DRIS norms 11 nutrients in corn leaves. *Agron. J.* 77:506-508.
- Emmert, F.H. 1954. The influence of variety, tree age, and mulch on the nutritional composition of apple leaves. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 64:9-14.
- \_\_\_\_\_. 1959. Chemical analysis of tissue as a means of determining nutrient requirements of deciduous fruit plants. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 73:521-547.
- Engel, G. 1986. Effect of soil cultivation and nitrogen supply on fruit quality characteristics of apples. *Soils and fertilizers.* 49(3):353-354.
- Erf, A.J., and J.T.A. Proctor. 1987. Changes in apple leaf water status and vegetative growth as influenced by crop load. *J. Amer. Hort. Sci.* 112(4):617-620.
- Escano, C.R., C.A. Jones, and G. Uehara. 1981. Nutrient diagnosis in corn grown on Hydric Dystrandepsts: II Comparison of two systems of tissue diagnosis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:1140-1144.
- Evequoz, M., J. Catzeflis, W. Pfammatter, and J.P. Ryser. 1982. A trial on the antagonism between vegetative growth and fruiting in apple trees. *Hort. Abstracts.* 52(10):662.
- Fassbender, H.W. 1975. *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina.* Ed. IICA. Turrialba, Costa Rica. 398 p.
- Faust, M. 1980. Modern concepts in fruit nutrition. In: Atkinson, D., J.E. Jackson, R.O. Sharples, and W.M. Waller (Eds.). *Mineral nutrition of fruit trees.* Butterworth Inc. Boston, USA. p. 11-16.
- Fernández, S. 1982. Plásticos: una opción para la agricultura. *Revista ciencia y desarrollo.* CONACYT. México, D.F. p. 45-51.

- Funke, W. 1982. Effect of covering the planting strip with plastic in young apple plantations. Hort. Abs. 52(10):622.
- Garami, M., L. Hargitai, and J. Papp. 1988. Effect of nitrogen fertilization on the nitrogen metabolism of Jonathan apple trees. Hort. Abs. 58(4):215.
- García M., M. 1989. Acolchado de suelos en el cultivo del manzano (Pyrus malus L.) en Arteaga, Coahuila. Tesis. Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila México. 98 p.
- Gardner, V.R., F.CH. Bradford, and H.D. Hooker, Jr. 1939. The fundamentals of fruit production. McGraw-Hill. New York and London. 788 p.
- Gavande, S.A. 1972. Física de suelos. Principios y aplicaciones. Limusa-Wiley. México. 351. p.
- Ghuman, B.S., and R. Lal. 1982. Temperature regime of a tropical soils in relation to surface condition and air temperature and its fourier analyses. Soil Sci. 2(134):133.
- Goldschmidt, E.E., and A. Golomb. 1982. The carbohydrate balance of alternate bearing citrus trees and the significance of reserves for flowering and fruiting. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107(2):206-208.
- González A., A. 1989. Acolchado, nitrógeno y fósforo en manzano en la Sierra de Arteaga, Coahuila. Tesis. Maestría. UAAAN. Saltillo, Coahuila, Méx. 109 p.
- González G., J.A. 1989. Estudio de algunos parámetros fisiológicos, ambientales y de suelo, bajo riego y temporal, en el cultivo del manzano. Tesis. Maestría. UAAAN. Saltillo, Coahuila, Méx. 133 p.
- Goode, J.E. and K.H. Higgs. 1973. Water, osmotic and pressure potential relationships in apple leaves. J. Hort. Sci. 48:203-215.
- Goode, J.E., K.H. Higgs, and K.J. Hyrycz. 1978. Nitrogen and water effects on the nutrition, growth, crop yield and fruit quality of orchard-grown Cox Orange Pippin apple trees. J. Hort. Sci. 53:295-304.
- 
- . 1979. Effects of water stress control in apple by misting. J. Hort. Sci. 54(1):1-11.

- Greenham, D.W., and C.A. Priestley. 1980. Discussion session on nitrogen and phosphorus nutrition. In: Atkinson, D., J.E. Jackson, R.O. Sharples, and W.M. Waller (Eds.). Mineral nutrition of fruit trees. Butterworths, London. p. 301-305.
- Gysi, C., F. Fankhauser, and R. Schumacher. 1988. Nitrogen fertilization and availability of mayor nutrients to plants in an experimental over several years using large pots. Hort. Abs. 58(4):215.
- Habib, R. 1983. Phosphorus absorption ( $^{32}\text{P}$ ) by apple trees under drip irrigation as influenced by the physical properties of the soil. Plant and Soils. 71:381.
- Hanks, R.J. 1958. Water vapor transfer in dry soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 22:372-374.
- Hanks, R.J., S.A. Bowers, and L.D. Bark. 1961. Influence of soil surface conditions on net radiation, soil temperature and evaporation. Soil Sci. 91(4):233-238.
- Hansen, P. 1969.  $^{14}\text{C}$ -studies on apple trees. IV. Photosynthate consumption in fruit in relation to the leaf-fruit ratio and to the leaf-fruit position. Plant Physiol. 22:186-198.
- \_\_\_\_\_. 1980. Crop load and nutrient translocation. In: Atkinson, D., J.E. Jackson, R.O. Sharples, and W.M. Waller (Eds.). Mineral nutrition of fruit trees. Butterworths, London. p. 201-211.
- Harold, B.T. 1978. Dwarfed fruit trees: for orchard, garden, and home, with special reference to the control of the tree size, and fruiting in comercial fruit production. Cornell University Press. London. p. 49.
- Haynes, R.J. 1981. Effects of soil management practices on soil phisical properties, earthworm populations and tree root distribution in a commercial apple orchard. Soil and tillage Res. 1:269-280.
- Hillel, D. 1991. Research in soil physics: a re-view. Soil science. 151(1):30-34.
- Hudska, G. 1983. The importance of nutrient ratio for apple yields. Hort. Abs. 53(8):554.
- Jackson, W.A., D. Flesher, and R.H. Hageman. 1973. Nitrate uptake by dark-grown corn seedlings. Some characteristics of apparent induction. Plant Physiol. 51:120-127.

- Johnson, P.A., and D.S. Johnson. 1980. Effects of herbicide strip width and nitrogen on crop and fruit quality. In: Atkinson, D., J.E. Jackson, R.O. Sharples, and W.M. Waller (Eds.). Mineral nutrition of fruit trees. Butterworth Inc. Boston, USA. p.285.
- Johnson, R.S., and A.N. Lakso. 1985. Relationships between stem length, leaf area, stem weight, and accumulated growing degree-days in apple shoots. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110(4):586-590.
- Jones, C.A. 1981. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 12:785-794.85-794.
- Jones, C.A., and J.E. Bowen. 1981. Comparative DRIS and crop log diagnosis of sugarcane tissue analysis. Agr. J. 7:941-944.
- Kenworthy, A.L. 1973. Leaf analysis as an aid in fertilizing orchard. In: Walsh, L.M., and J.D. Beaton (Eds.). Soil testing and plant analysis. SSSA Inc. Madison, Wisconsin, USA. p. 381-392.
- Kenworthy, A.L., and L. Martin. 1966. Mineral content of important fruit plants. Michigan state university east lansing. In: Nutrition of fruit crops. Temperate to tropical. p. 813-870.
- Khasawneh, F.E. 1971. Solution ion activity and plant growth. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 35:426-436.
- Kim, Y.T., and R.H. Leech. 1986. The potential use of DRIS in fertilizing hybrid poplar. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 17(4):429-438.
- Klepper, L., and R.H. Hageman. 1969. The occurrence of nitrate reductase in apple leaves. Plant Physiol. 44:110-114.
- Kohnke, H., and C.H. Werkhoven. 1963. Soil temperature and soil freezing as affected by an organic mulch. Soil Sci. Soc. Proc. 27:13-17.
- Korcak, C.B. 1980. The importance of calcium and nitrogen source in fruit tree nutrition. In: Atkinson, D., J.E. Jackson, R.O. Sharples, and W.M. Waller (Eds.). Mineral nutrition of fruit trees. Butterworth Inc. Boston, USA. p. 267-277.
- Kramer, S., R.A. Churicht, and G. Friedrich 1975. Fruticultura. Ed. CECSA. México. p. 23.

- Kushnirenko, E.F., and A.A. Blashkina. 1983. Effects of amounts and proportions of mineral fertilizer on the quality of apples. Hort. Abs. 53(12):816.
- Kuyan, V.G. 1984. Fertilization of young intensive apple orchards in the Ukranian Polese. Hort. Abs. 54(4):156.
- Landsberg, J.J., and H.G. Jones. 1981. Apple orchards. In: Kozlowski, T.T. (Ed.). Water deficits and plant growth. Academic Press. New York. Vol. 6:419-469.
- Lebedev, V.M. 1983. The effect of the level of phosphorus nutrition on the absorbing activity of the root system, photosynthesis and biological productivity of the apple tree. Hort. Abs. 53(12):816.
- Letzsch, W.S. 1985. Compute program for selection of norms use in the diagnosis and recommendation system (DRIS). Commun. Soil Sci. Plant Anal. 16:339-347.
- Lilleland, O., J.G. Brown, and J.P. Conrad. 1942. The phosphate nutrition of fruit trees. III. Comparison of fruit tree and field crop responses on a phosphate deficient soil. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 40:1-7.
- Lindsay, W.L. 1979. Chemical equilibria in soils. A Wiley-interscience publications. New York. p. 2-22.
- Link, H. 1980. Effects of nitrogen supply on some components of apple fruit quality. In: Atkinson, D., J.E. Jackson, R.O. Sharples, and W.M. Waller (Eds.). Mineral nutrition of fruit trees. Butterworth Inc. Boston, USA. p. 29-39.
- Loneragan, J.F., and C.S. Asher. 1967. Response of plants to phosphate concentration in solution culture. II. Rate of phosphate absorption and its relation to growth. Soil Sci. 103:311-318.
- López R., J. y J. López. 1985. El diagnóstico de suelos y plantas. Métodos de campo y laboratorio. 4a. Ed. Ediciones mundi-prensa. Madrid, España. 369 p.
- Lorenzana S., J. 1980. Efecto de la aplicación del nitrógeno en épocas diferentes sobre su dinámica en el suelo, crecimiento y productividad del manzano. Tesis. Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. 149 p.
- Mage, F. 1982. Black plastic mulching compared to other orchard soil management methods. Hort. Abs. 52(7):432.

- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. Antrim, Northern Ireland. 674 p.
- Marshall, T.J., and J.W. Holmes. 1979. Soil Physics. Cambridge University Press. Great Britain. 345 p.
- Martínez S., J. 1985. Frecuencia de riego en el cultivo de melón por trasplante con y sin acolchado con plástico. Tesis. Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. 104 p.
- Mason, J.L. 1969. Effects of cultivation and nitrogen levels on storage quality, yield and color grade of Starking "Red Delicious" apple grown under grass sod. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94:78-80.
- Medina M., E.J. 1984. Estudio del suelo relacionado con mortandad de manzanos (*Malus* spp.) en la región de Nuevo Casas Grandes, Chihuahua. Tesis. Maestría. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. 190 p.
- Medina M., M. 1987. Evaluación del método DRIS para el diagnóstico nutrimental del nogal pecanero (*Carya illinoensis*) CV Western, en La Comarca Lagunera. Informe de investigación. CIFAP-Región Lagunera. INIFAP. 108 p.
- Meldal-Johnsen, A., and M.E. Sumner. 1980. Foliar diagnostic norms for potatoes. J. Plant Nutr. 2:569-576.
- Mengel, K., and E.A. Kirkby. 1982. Principles of plant nutrition. International Potash Institute. Bern, Switzerland. 655 p.
- Miller, D.E. 1986. Root systems in relation to stress tolerance. Hort. Sci. 21(4):963-970.
- Miller, S.S., and D.M. Glenn. 1985. Influence of various rates of Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> fertilizer and soil management on young apple trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110(2):237-243.
- MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD (MAFF). 1972. Apples. Bulletin 207. London. 205 p.
- Monseline, S.P., and E.E. Goldschmidt. 1982. In: Janick, J. (Ed.). Horticultural reviews. Vol. 4:128-173.
- Morones R., R. 1988. Apuntes del curso de Diseños Experimentales. Programa de Graduados UAAAN. Saltillo, Coahuila. 120 p.

- Mortvedt, J.J., P.M. Giordano, and W.L. Lindsay. 1983. Micronutrientes en agricultura. AGT Editor S.A. México, D.F. 742 p.
- Munson, R.D., and W.L. Nelson. 1973. Principles and Practices in plant analysis. In: Walsh, L.M., and J.D. Beaton (Eds.). Soil testing and plant analysis. SSSA Inc. Madison, Wisconsin, USA. p. 223-248.
- Munguía L., J. 1985. El acolchado de suelos y la práctica del riego en el cultivo de la espinaca (*Spinacia oleracea* L. var. Viroflay). Tesis. Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. p. 61.
- Narro C., A. 1985. El acolchado de suelos y metodologías de riego en el cultivo del chícharo (*Pisum sativum* L.) Tesis. Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 141 p.
- Narro F., E. 1987. Física de suelos con enfoque agrícola. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 201 p.
- Neilsen, G.H., and E.J. Hogue. 1985. Effect of orchard soil management on the growth and leaf nutrient concentration of young dwarf red delicious apple trees. Can. J. Soil Sci. 65:309-315.
- Neilsen, G.H., E.J. Hogue, and B.G. Drought. 1986. The effect of orchard soil management on soil temperature and apple tree nutrition. Can. J. Soil Sci. 66:701-711.
- Niggli, O., C.A. Potter, and R. Niederhauser. 1985. Effect of organic mulches in tree rows on weed and yield. Hort. Abs. 54(2):230.
- Núñez M., J.H. 1987. Evaluación del método DRIS para la determinación del estado nutrimental del cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Fuerte. Tesis. Maestría. Centro de edafología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 176 p.
- Ohme, J. and P. Lüdders. 1984. Influence of nitrogen and fruit load on the vegetative growth of apple trees. Soils and Fertilizers. 47(7):861.
- Olsen, S.R., F.S. Watanabe, and R.E. Danielson. 1961. Phosphorus absorption by corn roots as affected by moisture and phosphorus concentration. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 25:289-294.
- Ortega T., E. 1978. Química de suelos. Ed. Patena A.C. Chapingo, México. 152 p.

- Papp, J., A.H. Aziz, and I. Kobzos. 1988. Effect of increasing nitrogen doses on the diameter, N-content and weight of apple cv. Jonathan. Hort. Abs. 58(7):433.
- Priestley, C.A. 1970. Carbohydrate storage and utilization. In: Luckwill, L.C., and C.V. Cutting (Eds.). Physiology of tree crops. Academic Press, London. p. 113-127.
- Raese, J.T. 1985. Response of "Delicious" apple trees in the greenhouse to rates and forms of nitrogen and phosphorus in a low-phosphorus soil. HortScience. 20(2):234-236.
- . 1986. Improved performance of bearing Delicious apple trees with nitrogen and phosphorus fertilization in a low-phosphorus soil. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 11(5):665-669.
- Ravel, D.G. 1968. Tratado práctico de fruticultura. Ed. Blume. Barcelona, España. p. 261-272.
- Reyes L., A. y R. Alonso. 1991. Distribución radical y capacidad de osmoregulación de 4 portainjertos de manzano. Memorias del IV Congreso Nacional de la Soc. Mex. de Ciencias Hort. A.C. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. p. 238.
- Robinson, J.B. 1980. Soil and tissue analysis in predicting nutrient needs. In: Atkinson, D., J.E. Jackson, R.O. Sharples, and W.M. Waller (Eds.). Mineral nutrition of fruit trees. Butterworths, London. p. 355-364.
- . 1986. Fruits, vines and nuts. In: Reuter, D.J., and J.B. Robinson (Eds.). Plant analysis: An interpretation manual. Inkata press. Melbourne, Sidney. p. 120-146.
- Robinson, D.W. 1988. Mulches and herbicides in ornamental plantings. Hort. Sci. 23(3):547-552.
- Robledo, P.F. y V.L. Martín. 1981. Aplicación de plásticos en la agricultura. Ed. Mundi-prensa. Madrid, España. p. 58.
- Ross. P.J., J. Williams, and R.L. McCown. 1986. Soil temperature and the energy balance of vegetative mulch in the semiarid tropics. I Statics analysis of the radiation balance. Soils and fertilizers. 49(8):933.

- Ruíz S., R. 1986. Fertilización nitrogenada en manzanos. I. Efecto en producción y calidad de fruta. Agricultura técnica (Chile). 46(3):307-313.
- Ruíz B., O. 1989. Materiales de acolchado y láminas de riego en el cultivo del manzano var. Golden delicious. Tesis. Maestría. UAAAN. Saltillo Coahuila, México. 166 p.
- Russel, J.C. 1939. The effect of surface cover on soil moisture losses by evaporation. Soil Sci. Soc. Proc. 4:65-70.
- Russell, E.W. 1961. Soil conditions and plant growth. Longman. London. 635 p.
- Salisbury, B.F., and C.W. Ross. 1978. Plant physiology. 2a edition. Wadsworth publishing company, Belmont, California. p. 32-48.
- Salvetti M., G. 1982. Polietileno. Ed. Gráfica Palloti. Porto alegre, Brazil. p. 72.
- Sambo, E.Y. 1981. Osmotic adjustment as a mechanism of drought resistance in crop and forage species. Australian National University. Camberra, Australia. 18 9.
- Sánchez V., L.R. 1988a. Programa fortran generalizado para el cálculo de las normas DRIS. Informe de investigación de computo y estadística. CIFAP-Región Lagunera-INIFAP-SARH. 4 p.
- . 1988b. Programa basic para calcular los índices DRIS. Informe de investigación de computo y estadística. CIFAP-Región Lagunera-INIFAP-SARH. 4 p.
- Schneider, G.W., and N.F. Childers. 1941. Influence of soil moisture on photosynthesis, respiration, and transpiration of apple leaves. Plant Physiol. 16:565-583.
- Schneider, G.W. y C.C. Scarbrough. 1960. Cultivo de los árboles frutales. Ed. CECSA. México. p. 248-249.
- Schuricht, R., G. Schonberg, and W. Fiedler. 1984. Effect of mechanical soil cultivation and weed control on apple trees and soil properties. Soils and fertilizers. 47(3):257.
- Shear, C.B. 1980. Interaction of fruit and environment on mineral composition of fruits. In: Atkinson, D., J.E. Jackson, R.O. Sharples, and W.M. Waller (Eds.). Mineral nutrition of fruit trees. Butterworth Inc. Boston, USA. p. 41-50.

- Shribbs, J.M., and W.A. Skroch. 1986a. Influence of 12 ground cover systems on young "Smoothie golden delicious" apple trees: I Growth. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111(4):525-528.
- 
- \_\_\_\_\_. 1986b. Influence of 12 ground cover systems on young "Smoothie golden delicious" apple trees: II Nutrition. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111(4):529-533.
- Silva E., J. 1989. Osmoregulación y resistencia a sequía de cuatro portainjertos de manzano, de la variedad Golden Delicious. Tesis. Maestría. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. 92 p.
- Simons, R.K. 1960. Developmental changes in russet sports of Golden delicious apples. Morphological and anatomical comparison with normal fruit. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 76:41-51.
- Simonson, R.W. 1991. Soil science -goals for the next 75 years. Soil Science. 151(1):85.
- Skroch, W.A., and J.M. Shribbs. 1986. Orchard floor management: An overview. HortScience. 21(3):390-394.
- Smith, F.W. 1986. Interpretation of plant analysis: Concepts and principles. In: Reuter, D.J., and J.B. Robinson (Eds.). Plant analysis: An interpretation manual. Inkata press. Melbourne, Sidney. p. 1-12.
- Spice, H.R. 1959. Polyethylene film in horticulture. Latimer thend and Co. Ltd. Plymouth, London. p. 176.
- Steel, R.G., and Torrie, J.H. 1985. Bioestadística: Principios y procedimientos. McGraw-Hill. 2da. Ed. México, D.F. 621 p.
- Stojanowska, J. 1988. Influence of mulching with perforated black foil on growth and bearing of apples trees. Hort. Abs. 58(9):597.
- Sumner, M.E. 1977a. Preliminary N, P, and K foliar diagnostic norms for soybeans. Agron. J. 69:226-230.
- 
- \_\_\_\_\_. 1977b. Preliminary NPK foliar diagnostic norms for wheat. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 8(2):149-167.
- 
- \_\_\_\_\_. 1979. Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. Agron. J. 17:343-347.

- \_\_\_\_\_. 1981. Diagnosing the sulfur requirements of corn and wheat using foliar analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:87-90.
- \_\_\_\_\_. 1985. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) as a guide to orchard fertilization. Department of agronomy. University of Georgia. USA. 23 p.
- Sumner, M.E., and F.C. Boswell. 1981. Alleviating nutrient stress. In: Arkin, G.F., and H.M. Taylor (Eds.). *Modifying the root environment to reduce crop stress.* Am. Soc. Agr. Eng. Monograph. 4:99-137.
- Sumner, M.E., R.B. Reneau, E.E. Schulte, and J.O. Arogum. 1983. Foliar diagnosis norms for sorghum. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 14:817-825.
- Suzuki, H., K. Hiroyoshi, and K. Miyamoto. 1983. Studies on the microclimate of the mulched row surface. VI. Effects on sweet potato canopy and mulching with polyethylene film on the soil temperature. *Soils and fertilizers.* 46(8):807.
- Tang, L.N., X.Y. Yang, and D.X. Zhang. 1983. Effects of polyethylene film for mulching in orchards. *Soils and fertilizers.* 46(6):586.
- Tapia V., L.M. 1991. Efecto del acolchado en la producción de maíz de temporal en el Valle de Apatzingán, Michoacán. Informe de investigación. CIFAP Michoacán-INIFAP-SARH. 13 p.
- Tavera S., G. 1985. Criterios para interpretación y aprovechamiento de los reportes de laboratorio para las áreas de asistencia técnica. SMCS. Tema didáctico No. 3. Matamoros, Coahuila. Méx. 22 p.
- Terblanche, J.H., K.H. Gtrgen, and I. Hesebeck. 1980. An integrated approach to orchard nutrition and bitter pit control. In: Atkinson, D., J.E. Jackson, R.O. Sharples, and W.M. Waller (Eds.). *Mineral nutrition of fruit trees.* Butterworth Inc. Boston, USA. p. 71-82.
- Titus, J.S., and S.M. Kang. 1982. Nitrogen metabolism, translocation, and recycling in apple trees. *Horticultural reviews.* 4:204-246.
- Tripathi, R.P., and T.P.S. Katiyar. 1984. Effect of mulches on the thermal regime of soil. *Soil and tillage research.* 4:381-390.

- Trocme, S., y R. Gras. 1979. Suelos y fertilización en fruticultura. 2 ed. Editorial Mundi-prensa. Madrid España. 388 p.
- Tromp, J. 1970. Storage and movilization of nitrogenous compounds in apple trees with special reference to arginine. In: Luckwill, L.C., and C.V. Cutting (Eds.). Physiology of tree crops. Academic Press, London. p. 143-159.
- Turrent F., A. 1985. El método gráfico estadístico para la interpretación económica de experimentos conducidos con la matriz Plan Puebla I. 2 ed. Escritos sobre la metodología de la investigación en productividad de agrosistemas No. 5. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 45 p.
- Ulrich, A., and F.J. Hills. 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing sugar crops. In: Walsh, L.M., and J.D. Beaton (Eds.). Soil testing and plant analysis. SSSA Inc. Madison, Wisconsin, USA. p. 271-288.
- Vang-Petersen, O., and H. Nikolajsen. 1986. Nitrogen, Phosphorus and potassium for apples and pears. Hort. Abs. 58(9):598.
- Walworth, J.L., and M.E. Sumner. 1987. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). Advances in Soil Sci. 6:149-188.
- Walworth, J.L., M.E. Sumner, R.A. Issac, and C.O. Plank. 1986. Preliminary DRIS norms for alfalfa in the Southeastern United States and a comparison with Midwestern norms. Agron. J. 78:1046-1052.
- Wander, I.W., and J.H. Gourley. 1944. Effect of heavy mulch in an apple orchard upon several soil constituents and the mineral content of foliage and fruit. Hort. Abs. 14(1):12.
- Wiersum, L.K. 1980. The effect of soil physical conditions on roots and uptake. In: Atkinson, D., J.E. Jackson, R.O. Sharples, and W.M. Waller (Eds.). Mineral nutrition of fruit trees. Butterworth Inc. Boston, USA. p. 111-121.
- Williams, R.R. 1965. The effect of summer nitrogen applications on the quality of apple blossom. J. Hort. Sci. 40:31-41.
- Williams, M.W., and H.D. Billingsley. 1974. Effect of nitrogen fertilizer on yield, size, and color of "Golden Delicious" apple. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99(2):144-145.

- Williams, J.M., and A.H. Thompson. 1979. Effect of phosphorus, nitrogen and daminozide on growth and first fruiting of dwarf apple trees. HortScience. 14(6):703-704.
- Woodruff, C.M. 1955. The energis of replacement of calcium by potassium. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19:167-171.
- Young, J.O. 1980. Critical nutrient ranges in Washington irrigated crops. Cooperative extension. College of Agriculture. Washington State University. 12 p.
- Yu, S.L., J.S. He, and G.H. Zhang. 1983. Study on the effects of mulching groundnuts with plastic film on the soil fertility and activity of the microflora. Soils and fertilizers. 40(6):586.