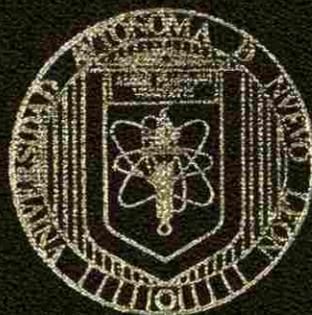


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



ESTABLECIMIENTO DE NORMAS DRIS,
DIAGNOSTICO NUTRICIONAL Y CALIBRACION
DE LAS NORMAS OBTENIDAS PARA
EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)
EN COAHUILA Y NUEVO LEON.

POR

SERGIO JAVIER GARCIA GARZA

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS AGRICOLAS
CON ESPECIALIDAD EN AGUA-SUELO

MARIN, N. L.

FEBRERO DE 2000

TD

Z5071

FA

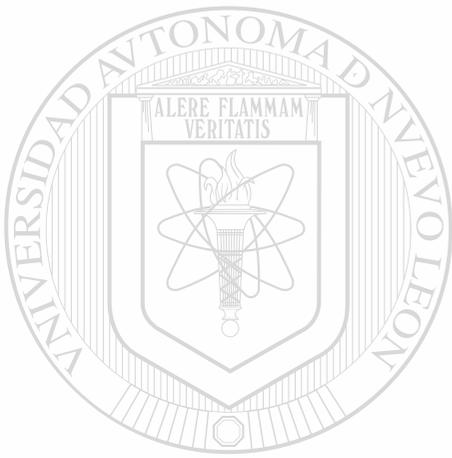
2000

.G372



1020150639

1020150639



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



**ESTABLECIMIENTO DE NORMAS DRIS.
DIAGNOSTICO NUTRICIONAL Y CALIBRACION
DE LAS NORMAS OBTENIDAS PARA
EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.
EN COAHUILA Y NUEVO LEON**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

POR

SERGIO JAVIER GARCIA GARZA

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS AGRICOLAS
CON ESPECIALIDAD EN AGUA-SUELO

MARIN N. L.

FEBRERO DE 2000



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

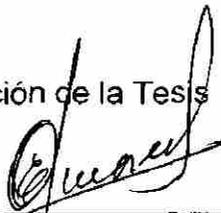


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



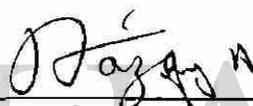
**ESTABLECIMIENTO DE NORMAS DRIS, DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL Y
CALIBRACIÓN DE LAS NORMAS OBTENIDAS PARA EL CULTIVO DE PAPA
(Solanum tuberosum L.) EN COAHUILA Y NUEVO LEÓN.**

Aprobación de la Tesis

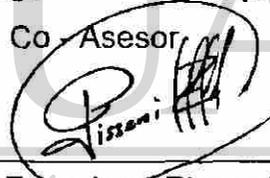


Ph. D. Emilio Olivares Sáenz
Asesor principal

Ph. D. Oswaldo Rubio Covarrubias
Co – Asesor Externo



Ph. D. Rigoberto E. Vázquez Alvarado
Co – Asesor

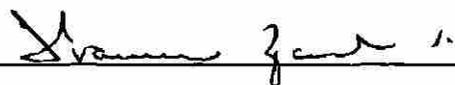


Dr. Juan Francisco Pissani Zuñiga
Co – Asesor

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Ph. D. Ciro G. S. Valdés Lozano
Co – Asesor



Ph. D. Francisco Zavala García

Subdirector de Estudios de Postgrado de la Facultad de Agronomía
Universidad Autónoma de Nuevo León.

Marín, N L. Febrero de 2000

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso

Por su gran amor, misericordia, fidelidad y perdón, por sustentar mis pasos en su camino, iluminar mi vida por el sendero del saber y concederme la petición de terminar una meta más en mi vida

Con todo mi amor para mi esposa Tere

Por ser la ayuda idónea, ya que siempre me ha dado su comprensión, amor y apoyo en los momentos difíciles, por impulsarme a continuar mis estudios en la búsqueda común de mejores tiempos y por que comparta como suyos los logros que hemos tenido.

También con todo mi amor para mi preciosa hija Lucero

Ha quien he privado de mi presencia en momentos importantes de su vida, sin embargo espero que este esfuerzo de superación sea de ejemplo para ella.

A mis padres Felix y Ma. Del Socorro

Por la bendición de tenerlos, por su siempre apoyo, digno ejemplo y la confianza depositada para seguir adelante en mis estudios.

A mis hermanos:

Pablo y Ma. Guadalupe, Juan Antonio y Choco, Juan Carlos y Lily, Victor y Cyntia, Enrique y Margarita y Felix (q.e.p.d.) por sus estímulos y apoyos que siempre me han brindado.

A mi suegra Tere:

Por su ayuda incondicional y el amor y protección que siempre la ha dado a mi hija.

A mis cuñadas y concuños:

Paty y Lalo y Mary y Sergio por el cariño y amistad demostrada.

A mis sobrinos:

Pablo Sergio, Luis Arturo, Samuel, Miriam, Iram, Karla, Keifa, Gaby, Juan Carlitos, Lalito y Uriel.

A mis "compadres":

Romeo y Adriana, Mario y Julia y Carlos y Charis por la amistad y gratos momentos que hemos compartido.

A los matrimonios:

Oscar y Elva, Luis Carlos y Claudia, Jaime y Olga, Salo y Luz, Oswaldo e Irma, Daniel y Aracely, Hector y Chris, Lorenzo y Nancy, Carlos y Fanny, Israel y Sofia por la sincera amistad que tenemos y la gran familia que hemos formado.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), por otorgarme las facilidades tanto en tiempo, como económicas para la realización de mis estudios de doctorado.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, por abrirme sus puertas y los conocimientos adquiridos en ella.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por su apoyo de la Beca Crédito otorgada para la obtención del grado.

Al Dr. Emilio Olivares Sáenz, por la excelente dirección de este trabajo de tesis, su gran apoyo y el tiempo dedicado a la presente investigación, sus conocimientos heredados y sobre todo por su amistad compartida.

Al Dr. Oswaldo Rubio Covarrubias, por su rectitud e integridad profesional, su apoyo al presente trabajo y sus experiencias transmitidas acerca del tema de tesis.

Al Dr. Rigoberto Vázquez Alvarado, por su entusiasta participación en el trabajo de tesis y constante apoyo, así como sus conocimientos transmitidos como maestro y asesor.

Al Dr. Juan Francisco Pissani Zuñiga, por sus comentarios oportunos del manuscrito de tesis y sus invaluable consejos.

Al Dr. Ciro G. S. Valdés Lozano, por la asesoría brindada y sus interesantes y acertadas correcciones al manuscrito.

Al Dr. Valdemar González Reyna Jefe del Campo Experimental Saltillo, por apoyarme en iniciar mis estudios de doctorado y facilitar todo lo necesario para realizar la investigación.

Al Dr. Ignacio Del Real Laborde Gerente Regional de Fundación Produce Coahuila, por las facilidades para financiar el proyecto de investigación, así como su amistad demostrada.

Al personal científico y administrativo del Campo Experimental Saltillo, por su apoyo moral, especialmente a los Maestros en Ciencias: Carlos Ríos, Antonio Cano y Edith Villavicencio, por la amistad que hemos compartido

A mis compañeros y amigos en el Postgrado: Mario Dena, José Hernández, Neftalí Gómez, J. Manuel Huerta, Ismael Mata, Javier Cortés, Luis Carlos Rimoldi, Juan Carlos Rodríguez C., Elias Treviño, Mario Madrigal, José Butrón, Juan Carlos Rodríguez O., Rafael Zuñiga, Noe y Elvia Flores, Wilder y Nidia Camacho, Cristian y Toñita, y en especial a Mario Cruz, Jose Luis Lara, Jose Verastegui, Jose Luis Woo e Hilario Charcas por la amistad que logramos cultivar.

RESUMEN AUTOBIOGRAFICO

Sergio Javier García Garza

Candidato para el grado de Doctor en Ciencias Agrícolas con Especialidad en Agua - Suelo.

Tesis:

Establecimiento de normas DRIS, diagnóstico nutricional y calibración de las normas obtenidas para el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) en Coahuila y Nuevo León.

Areas de estudio

Agronomía (Nutrición Vegetal).

Biografía

Nacido el 7 de Octubre de 1962 en Saltillo, Coahuila México.

Educación

Egresado de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro como Ingeniero Agrónomo en Suelos, en Diciembre de 1983.

Egresado de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro como Maestro en Ciencias con especialidad en Suelos, en Junio de 1989.

Experiencia Profesional

Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP). Campo Experimental Zaragoza de 1984-1991 y Campo Experimental Saltillo de 1992- a la fecha.

Otros

Mención Honorífica Tesis de Maestría. UAAAN.

Miembro del Sistema Nacional de Investigadores como Candidato a Investigador Nacional. 1990-1993.

Responsable de 17 Proyectos de Investigación.

Asesor externo de 2 tesis de Licenciatura y 1 de Maestría.

Participación en Congresos Nacionales como Ponente de 16 Investigaciones.

Miembro de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.

Miembro de la Sociedad Mexicana de Fitogenética.

INDICE DEL CONTENIDO

	Página
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE CUADROS EN EL APÉNDICE	xiii
LISTA DE FIGURAS	xiv
LISTA DE FIGURAS EN EL APÉNDICE	xv
RÉSUMEN	xvi
SUMMARY	xvii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Hipótesis	2
1.2. Objetivos	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Generalidades del Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS)	4
2.2. Establecimiento de normas DRIS	5
2.3. Desarrollo de normas DRIS en el cultivo de papa	6
2.4. Calibración de las normas DRIS	7
2.5. Análisis foliares	7
2.6. Importancia del balance nutricional en la planta	8
2.7. Interacción entre nutrimentos	9
2.8. Diagnóstico nutricional en papa	10
2.9. Nutrición del cultivo de papa	11
2.9.1. Nitrógeno	12
2.9.2. Fósforo	14
2.9.3. Potasio	16
2.9.4. Calcio	17
2.9.5. Magnesio	18
2.9.6. Microelementos	19
2.9.7. Hierro	19
2.9.8. Manganeso	20
2.9.9. Zinc	21
2.9.10. Cobre	22
2.9.11. Boro	23
3. MATERIALES Y METODOS	24
3.1 Establecimiento de las normas DRIS	24
3.1.1. Localización de las áreas de muestreo	24
3.1.2. Colección de muestras foliares	24
3.1.3. Número de muestras foliares por municipio, localidad y ciclo agrícola	24
3.1.4. Preparación de muestras foliares	26
3.1.5. Análisis de muestras foliares	26
3.1.6. Estimación de rendimiento comercial	27
3.1.7. Metodología para el establecimiento de las normas DRIS	27
3.1.8. Procedimiento utilizado para la obtención de las normas DRIS	27

3.2 Diagnóstico nutricional regional	28
3.2.1 Datos y métodos utilizados	28
3.2.2 Procedimiento utilizado para el diagnóstico nutricional por medio del Análisis de Varianza	28
3.2.3 Procedimiento utilizado para el diagnóstico nutricional por medio de Correlación Simple	29
3.2.4. Procedimiento utilizado para el diagnóstico nutricional por medio de Componentes Principales	29
3.2.5. Procedimiento utilizado para el diagnóstico nutricional por medio de Rangos de Suficiencia	30
3.2.6 Procedimiento utilizado para el diagnóstico nutricional por medio del DRIS	30
3.2.6.1. Programa computacional para el cálculo de índices DRIS	33
3.3. Calibración de las normas DRIS	33
3.3.1. Localización del experimento	33
3.3.2. Preparación del terreno	33
3.3.3. Fecha de siembra y variedad utilizada	33
3.3.4. Densidad de siembra	33
3.3.5. Tratamientos de fertilización evaluados	34
3.3.6. Aplicación de fertilizantes	34
3.3.7. Diseño experimental	34
3.3.8. Parcela experimental	34
3.3.9. Muestreo foliar	35
3.3.10. Colección de muestras foliares	35
3.3.11. Preparación de muestras foliares	35
3.3.12. Análisis de muestras foliares	35
3.3.13. Cosecha del experimento	35
3.3.14. Cálculo de índices DRIS	36
3.3.15. Utilización de otros datos experimentales	36
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1 Establecimiento de las normas DRIS	39
4.1.1. Ciclo P-V 1996	39
4.1.2. Ciclo P-V 1997	41
4.1.3. Análisis total de los dos ciclos	41
4.1.4. Comparación de las normas DRIS con otras normas DRIS desarrolladas para papa	45
4.2 Diagnóstico nutricional regional	47
4.2.1. Diagnóstico nutricional por medio del Análisis de Varianza	47
4.2.1.1. Ciclo P-V 1996	47
4.2.1.2. Ciclo P-V 1997	49
4.2.1.3. Análisis total de los dos ciclos	51
4.2.2. Diagnóstico nutricional por medio de Correlación Simple	53
4.2.2.1 Ciclo P-V 1996	53
4.2.2.2 Ciclo P-V 1997	55
4.2.2.3 Análisis total de los dos ciclos	55
4.2.3 Diagnóstico nutricional por medio de Componentes Principales	58

4.2.3.1. Ciclo P-V 1996	58
4.2.3.2. Ciclo P-V 1997	59
4.2.3.3. Análisis total de los dos ciclos	60
4.2.4. Diagnóstico nutricional por medio de Rangos de Suficiencia	61
4.2.4.1. Ciclo P-V 1996 (Reuter y Robinson, 1986)	61
4.2.4.2. Ciclo P-V 1996 (Walwort y Muñiz, 1993)	62
4.2.4.3. Ciclo P-V 1997 (Reuter y Robinson, 1986)	63
4.2.4.4. Ciclo P-V 1997 (Walwort y Muñiz, 1993)	64
4.2.4.5. Análisis total de los dos ciclos (Reuter y Robinson, 1986)	65
4.2.4.6. Análisis total de los dos ciclos (Walwort y Muñiz, 1993)	66
4.2.5 Diagnóstico nutricional por medio del DRIS	68
4.2.5.1. Ciclo P-V 1996	68
4.2.5.2. Ciclo P-V 1997	71
4.2.5.3. Análisis total de los dos ciclos	73
4.2.6. Discusión sobre el diagnóstico nutricional regional por diferentes métodos	75
4.3. Calibración de las normas DRIS (Ciclo P-V 1998)	78
4.3.1. Análisis de varianza del rendimiento comercial	78
4.3.2. Muestreo foliar	81
4.3.3. Utilización de otros datos experimentales	84
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
6. LITERATURA CITADA	92
7. APÉNDICE	96

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

LISTA DE CUADROS

		Página
Cuadro 1	Número de muestras por municipio, localidad y ciclo agrícola.	26
Cuadro 2	Tratamientos evaluados en el experimento calibración de normas DRIS en papa. Ciclo P-V1998.	34
Cuadro 3	Medias de concentración en las hojas de papa y coeficientes de variación para diferentes formas de expresión de nutrimentos en población de altos rendimientos (Mayor o igual a 40 Ton/ha). Ciclo P-V 1996.	40
Cuadro 4	Medias de concentración en las hojas de papa y coeficientes de variación para diferentes formas de expresión de nutrimentos en población de altos rendimientos (Mayor o igual a 40 Ton/ha). Ciclo P-V 1997.	43
Cuadro 5	Medias de concentración en las hojas de papa y coeficientes de variación para diferentes formas de expresión de nutrimentos en población de altos rendimientos (Mayor o igual a 40 Ton/ha). Análisis total dos ciclos P-V 1996 y 1997.	44
Cuadro 6	Medias y coeficientes de variación de las formas de expresión de nutrimentos para el cultivo de papa, establecidas por diferentes autores.	46
Cuadro 7	Nivel de significancia observado (p) en el análisis de varianza y medias de concentración de los diferentes nutrimentos evaluados en poblaciones de altos y bajos rendimientos. Ciclo P-V 1996.	48
Cuadro 8	Relaciones significativas y medias de concentración de las mismas para poblaciones de altos y bajos rendimientos. Ciclo P-V 1996.	49
Cuadro 9	Nivel de significancia observado (p) en el análisis de varianza y medias de concentración de los diferentes nutrimentos evaluados en poblaciones de altos y bajos rendimientos. Ciclo P-V 1997	50

Cuadro 10	Relaciones significativas y medias de concentración de las mismas para poblaciones de altos y bajos rendimientos. Ciclo P-V 1997.	50
Cuadro 11	Nivel de significancia observado (p) en el análisis de varianza y medias de concentración de los diferentes nutrimentos evaluados en poblaciones de altos y bajos rendimientos. Análisis total dos ciclos P-V 1996 y 1997.	51
Cuadro 12	Relaciones significativas y medias de concentración de las mismas para poblaciones de altos y bajos rendimientos. Análisis total dos ciclos P-V 1996 y 1997.	52
Cuadro 13	Coefficientes de correlación entre el rendimiento y la concentración de nutrimentos en hojas de papa. Ciclos P-V 1996, P-V 1997 y análisis total de los dos ciclos.	53
Cuadro 14	Coefficientes de correlación y valores de p entre nutrimentos. Ciclo P-V 1996.	54
Cuadro 15	Coefficientes de correlación y valores de p entre nutrimentos. Ciclo P-V 1997.	56
Cuadro 16	Coefficientes de correlación y valores de p entre nutrimentos. Análisis total de los dos ciclos.	57
Cuadro 17	Coefficientes de correlación entre los componentes principales y las concentraciones de nutrimentos en hojas de papa, coeficientes de regresión y nivel de significancia que explican la relación entre los componentes principales y el rendimiento. Ciclo P-V 1996.	59
Cuadro 18	Coefficientes de correlación entre los componentes principales y las concentraciones de nutrimentos en hojas de papa, coeficientes de regresión y nivel de significancia que explican la relación entre los componentes principales y el rendimiento. Ciclo P-V 1997.	60
Cuadro 19	Coefficientes de correlación entre los componentes principales y las concentraciones de nutrimentos en hojas de papa, coeficientes de regresión y nivel de significancia que explican la relación entre los componentes principales y el rendimiento. Análisis total de los ciclos.	61

Cuadro 20	Número de muestras con concentraciones bajas, adecuadas y altas para cada nutrimento de acuerdo a los rangos de suficiencia para papa, establecidos por Reuter y Robinson (1986) Ciclo P-V 1996	62
Cuadro 21	Número de muestras con concentraciones bajas, adecuadas y altas para cada nutrimento de acuerdo a los rangos de suficiencia para papa, establecidos por Walmort y Muñiz (1993). Ciclo P-V 1996.	63
Cuadro 22	Número de muestras con concentraciones bajas, adecuadas y altas para cada nutrimento de acuerdo a los rangos de suficiencia para papa, establecidos por Reuter y Robinson (1986). Ciclo P-V 1997.	64
Cuadro 23	Número de muestras con concentraciones bajas, adecuadas y altas para cada nutrimento de acuerdo a los rangos de suficiencia para papa, establecidos por Walmort y Muñiz (1993). Ciclo P-V 1997.	65
Cuadro 24	Número de muestras con concentraciones bajas, adecuadas y altas para cada nutrimento de acuerdo a los rangos de suficiencia para papa, establecidos por Reuter y Robinson (1986). Análisis total de los dos ciclos.	66
Cuadro 25	Número de muestras con concentraciones bajas, adecuadas y altas para cada nutrimento de acuerdo a los rangos de suficiencia para papa, establecidos por Walmort y Muñiz (1993). Análisis total de los dos ciclos.	67
Cuadro 26	Número de muestras del total de 72 con deficiencia y exceso relativo de acuerdo al orden de requerimiento para cada muestra. Ciclo P-V 1996.	70
Cuadro 27	Número de muestras del total de 70 con deficiencia y exceso relativo de acuerdo al orden de requerimiento para cada muestra. Ciclo P-V 1997.	72
Cuadro 28	Número de muestras del total de 142 con deficiencia y exceso relativo de acuerdo al orden de requerimiento para cada muestra. Análisis total de los dos ciclos.	74
Cuadro 29	Resumen del diagnóstico nutricional regional utilizando el Análisis de Varianza, Correlación Simple, Componentes Principales, Rangos de Suficiencia y DRIS, para cada ciclo y análisis total de los dos ciclos.	76

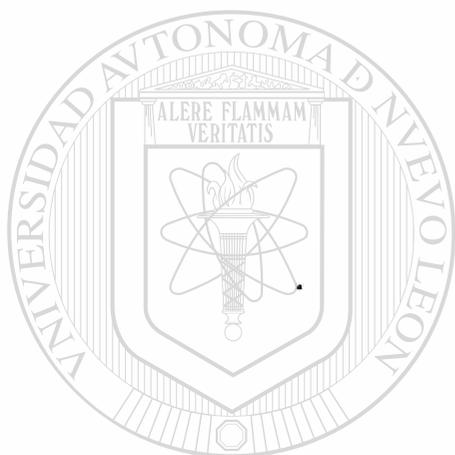
Cuadro 30	Medias de rendimiento comercial (Ton/ha), para cada uno de los tratamientos de fertilización evaluados.	79
Cuadro 31	Análisis de varianza de los resultados de la variable rendimiento comercial.	79
Cuadro 32	Concentración foliar de N, P, K, índices DRIS, orden de requerimiento nutricional, índices de desbalance nutricional (IDN) y rendimientos obtenidos en los tratamientos con las dosis de fertilización, para el muestreo foliar. Ciclo P-V 1998.	82
Cuadro 33	Significancia estadística de las medias de rendimiento e índices de N para cada uno de los tratamientos agrupados.	83
Cuadro 34	Concentración foliar de N, P, K, índices DRIS, orden de requerimiento nutricional y rendimientos obtenidos en los tratamientos con las dosis de fertilización iniciales, para el muestreo foliar. Ciclo P-V 1988.	85
Cuadro 35	Efecto de la segunda fertilización, relacionada con la predicción realizada por el DRIS. Ciclo P-V 1988.	86
Cuadro 36	Concentración foliar de N, P, K y diagnóstico nutricional por medio de Rangos de Suficiencia, obtenidos en los tratamientos con las dosis de fertilización iniciales, para el muestreo foliar. Ciclo P-V 1988.	88

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

LISTA DE CUADROS EN EL APENDICE

	Página
Cuadro 1A Lista de tratamientos evaluados en el experimento con dosis iniciales y finales de fertilización. Ciclo P-V 1988.	96
Cuadro 2A Concentración de nutrimentos, índices DRIS, orden de requerimiento nutricional, IDN y rendimiento para cada una de las muestras tomadas en el ciclo P-V 1996.	97
Cuadro 3A Concentración de nutrimentos, índices DRIS, orden de requerimiento nutricional, IDN y rendimiento para cada una de las muestras tomadas en el ciclo P-V 1997.	99



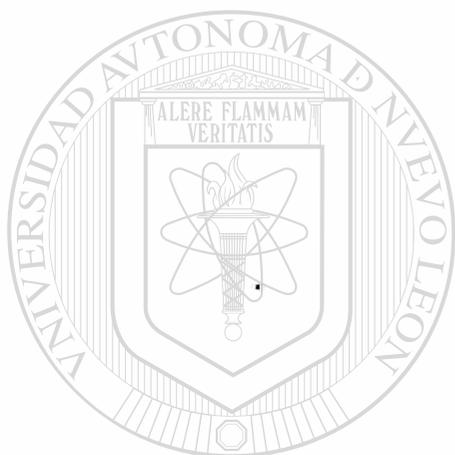
UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Ubicación de las áreas de muestreo donde se desarrolló la investigación.	25
Figura 2 Distribución de los tratamientos evaluados y rendimiento (Ton/ha) para cada uno de ellos en el experimento calibración de las normas DRIS. Ciclo P-V 1998.	80



UANL

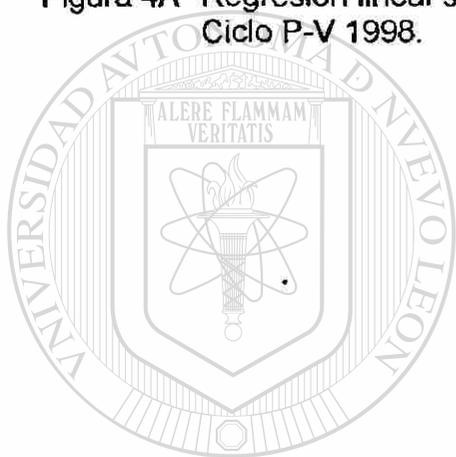
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

LISTA DE FIGURAS EN EL APENDICE

	Página
Figura 1A Regresión lineal simple entre las variables rendimiento e IDN. Ciclo P-V 1996.	101
Figura 2A Regresión lineal simple entre las variables rendimiento e IDN. Ciclo P-V 1997.	102
Figura 3A Regresión lineal simple entre las variables rendimiento e IDN. Análisis total dos ciclos.	103
Figura 4A Regresión lineal simple entre las variables rendimiento e IDN. Ciclo P-V 1998.	104



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

RESUMEN

Sergio Javier García Garza

Fecha de Graduación: Febrero 2000

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Agronomía

Título del estudio: Establecimiento de normas DRIS, diagnóstico nutricional y calibración de las normas obtenidas para el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) en Coahuila y Nuevo León.

Número de páginas: 104

Candidato para el grado de Doctor en Ciencias Agrícolas con Especialidad en Agua-Suelo

Áreas de estudio: Agronomía (Nutrición vegetal).

Propósitos y métodos de estudio: La zona papera de Coahuila y Nuevo León, no cuenta con las normas de concentración adecuadas de nutrimentos para el cultivo de papa de acuerdo al clima y suelo de la región. Los propósitos de la investigación fueron: establecer las normas DRIS, realizar un diagnóstico nutricional regional por diferentes métodos y calibrar dichas normas en un experimento de fertilización. Para ello se tomaron y se analizaron 142 muestras foliares durante el ciclo P-V 1996 y 1997, en la etapa de inicio de tuberización del cultivo; también se estimó el rendimiento comercial en cada uno de los lotes donde se tomaron las muestras. El diagnóstico nutricional se realizó por medio de análisis de varianza, correlación simple, componentes principales, rangos de suficiencia y el método DRIS. Posteriormente se estableció un experimento de Fertilización en el ciclo P-V 1998, con el propósito de confirmar las normas obtenidas, sobre el comportamiento de la papa por medio de los índices DRIS.

Contribuciones y conclusiones: Se establecieron las normas DRIS para N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y B en el cultivo de papa. El diagnóstico nutricional realizado por medio del DRIS fue el más completo y preciso comparado con los otros métodos utilizados. Dicho diagnóstico indicó que concentraciones bajas de N, P, K, Fe y Mn, así como altas de Ca, Cu, Mg, Zn y B pudieran estar limitando el rendimiento del cultivo en la región. El orden de requerimiento nutricional fue: P>N>Mn>Fe>K>Ca>Cu>Mg>Zn>B. Los índices DRIS fueron capaces de predecir el comportamiento del cultivo de papa en un experimento de fertilización, por lo tanto se confirmaron las normas DRIS obtenidas.

FIRMA DEL ASESOR PRINCIPAL :

SUMMARY

Sergio Javier García Garza

Graduation: February 2000

Universidad Autónoma de Nuevo León.

Facultad de Agronomía

Title of research work: Establishment of DRIS norms, nutritional diagnosis and calibration of obtained norms for potato crop (Solanum tuberosum L.) in Coahuila and Nuevo Leon Mexico.

Number of pages : 104

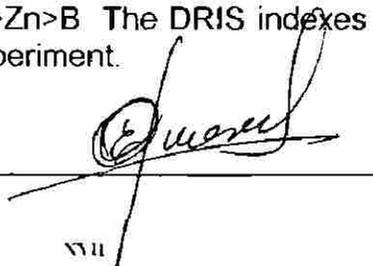
Candidate to obtain the Doctor in Agricultural Sciences degree. Water and Soil Sciences.

Subjects of the research work: Agronomy (Plant Nutrition).

Aims and methods of the research work: At the present time the potato area of Coahuila and Nuevo León requires adequate DRIS norms for the potato crop in accordance to weather and soil. The aims of this research were: to establish DRIS norms, to obtain nutritional diagnosis for different methods and to calibrate the DRIS norms. During the Spring-Summer cycle 1996 and 1997, one hundred forty two leaf samples in early tuberization stage were taken and analyzed. The yield was also estimated. The DRIS norms were obtained and nutritional diagnosis were carried out using analysis of variance, simple correlation, principal components analysis, sufficiency ranks and DRIS method. A fertilization experiment was established in the Spring-Summer 1998 cycle with the aim of verify the DRIS norms.

Contributions and conclusions: DRIS norms were obtained for N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu and B in the potato crop. The DRIS method was better than analysis of variance, simple correlation, principal component analysis and sufficiency ranks to make nutritional diagnosis. The nutritional diagnosis indicated that low concentrations of N, P, K, Fe and Mn; and high concentrations of Ca, Mg, Zn, Cu and B may restrict potato yield. The estimated nutritional required order was: P>N>Mn>Fe>K>Ca>Cu>Mg>Zn>B. The DRIS indexes were able to predict potato behavior in a fertilization experiment.

MAIN ADVISOR SIGNATURE _____



vii

1. INTRODUCCIÓN

En la región Sureste de Coahuila y Sur de Nuevo León, el cultivo de la papa es de gran importancia económica y social ya que se siembran alrededor de 5,000 has anuales de este tubérculo y se generan 390,000 jornales por ciclo, con un rendimiento medio de 30 ton/ha.

Dentro de los factores que limitan la producción y calidad del cultivo, se encuentra la nutrición mineral debido principalmente a los suelos característicos de la región, ya que son de naturaleza calcárea, pH alcalino y bajos en materia orgánica, condiciones que limitan la disponibilidad de algunos nutrimentos.

Dadas las condiciones anteriormente expuestas, los productores de la zona generalmente fertilizan en cantidades excesivas con N, P y K, lo cual repercute considerablemente en el incremento de los costos de producción. Aunado a esto los agricultores no utilizan el análisis foliar como herramienta de diagnóstico para predecir las necesidades nutrimentales de este cultivo; los pocos productores que utilizan esta herramienta, basan la interpretación de sus análisis en valores críticos de concentraciones foliares determinadas en otros lugares del mundo, ya que no se cuenta con las normas regionales adecuadas al clima y suelo de la región papera de Coahuila y Nuevo León.

La metodología clásica para estimar deficiencias nutricionales en los cultivos utilizando análisis foliares es basada en comparaciones de la concentración foliar de nutrimentos en la muestra contra un valor crítico o rango de suficiencia. Sin embargo la concentración de nutrimentos en las hojas depende de varios factores como etapa fenológica, posición de la hoja en la planta, variedad del cultivo, etc.

Con la finalidad de eliminar las limitantes señaladas, Beaufils (1973) desarrolló el método denominado Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS), el cuál consta de un conjunto de normas que hacen un diagnóstico más completo, ya que clasifica en orden de importancia los nutrimentos que requiere la planta, toma en cuenta su interacción, el balance nutrimental y detecta deficiencias y excesos relativos, además puede realizar diagnósticos en cualquier etapa de desarrollo y diferente posición de la hoja en la planta.

Cuando el sistema DRIS se compara contra una técnica convencional, como es la de valor crítico o rango de suficiencia, el DRIS presenta mayores ventajas ya que este es independiente de la edad, condiciones de clima, suelo, prácticas culturales, porción y posición de la hoja muestreada (Escano, et al., 1981) de tal manera que el valor crítico es ineficiente para diagnosticar el estado nutricional de la planta, en cualquier condición y época (Sumner, 1979).

En el cultivo de papa se han desarrollado las normas DRIS en diferentes partes del mundo, entre las que se encuentran Meldal y Sumner (1980) en la provincia de Natal en Sudáfrica, Mackay et al., (1987) en Canadá y Navvabzdeh y Malakouti (1993) en un suelo calcáreo de Iran. Sin embargo, las normas difieren considerablemente, por lo cual es necesario generar normas locales de acuerdo a las condiciones de suelo y clima de la región (Walworth y Sumner, 1987).

Tomando en cuenta la información presentada anteriormente, se plantearon las siguientes hipótesis y objetivos:

1.1. Hipótesis

i) Por medio de las normas DRIS es posible diagnosticar la nutrición de cultivos, por lo tanto podrán ser utilizadas para detectar deficiencias o excesos nutricionales en el cultivo de papa, por medio de los análisis foliares.

ii) Los suelos de la región papera de Coahuila y Nuevo León son deficientes en N y P, por lo tanto un diagnóstico nutricional utilizando diferentes métodos, determinaran la deficiencia de estos y otros elementos nutritivos que limitan el rendimiento del cultivo de papa en la región.

iii) Los índices DRIS son capaces de predecir el patrón de comportamiento de un cultivo en un experimento de fertilización, por lo tanto, se podrá comprobar la precisión de las normas DRIS establecidas.

1.2. Objetivos

i) Establecer las normas DRIS, para diagnosticar adecuadamente deficiencias y excesos nutricionales en el cultivo de papa usando los análisis foliares.

ii) Realizar un diagnóstico nutricional regional por diferentes métodos para el cultivo de papa, determinando los elementos nutritivos que limitan su rendimiento.

iii) Comprobar la precisión del diagnóstico nutricional realizado con las normas DRIS establecidas, a través de un experimento de fertilización.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS)

Beaufils (1973), desarrolló el método denominado Diagnóstico Fisiológico, ahora conocido como Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS)

El DRIS se basa en la ley de Liebig o del mínimo, la cual establece que el rendimiento máximo posible es función directa del factor más limitante de acuerdo a las necesidades del cultivo, pero también se basa en la ley Mitscherlich o de los rendimientos decrecientes, misma que se fundamenta en que el rendimiento puede incrementarse por efecto de cada uno de los factores, siempre y cuando no estén presentes en sus niveles subóptimos o mínimos (Sumner y Farina, 1986).

El DRIS representa una técnica o método holístico y, de hecho, se constituye por un grupo integrado de normas (valores de referencia) representativas de parámetros del vegetal, suelo, clima y prácticas de manejo. Sin embargo, Beaufils, Sumner y colaboradores de ambos se han limitado, casi exclusivamente, a perfeccionar el método en base a composición foliar porque consideran que la planta es el integrador de los efectos de su ambiente (Sumner y Boswell, 1981).

Dentro de las técnicas para hacer diagnósticos nutrimentales en planta, por medio de análisis foliares, se ha utilizado más comúnmente el método que se basa en un valor crítico, o sea la concentración de un elemento en una determinada parte de la planta y estado de desarrollo, abajo del cuál el rendimiento es afectado negativamente. Otro método, que ha surgido de la necesidad de obtener mayor precisión, es el sistema integrado de diagnóstico y recomendación (DRIS) propuesto por Beaufils (1973). Sumner (1979) comparó los dos métodos utilizando los datos de campo de experimentos con maíz, soya, azúcar y papa publicado por

diferentes autores y concluyó que el DRIS es superior ya que permite minimizar las variaciones debidas a la edad de los tejidos, posición de las hojas muestreadas, variedades y además toma en cuenta las relaciones entre nutrimentos.

2.2. Establecimiento de normas DRIS

El DRIS como sistema de diagnóstico foliar, tiene como primer paso el establecimiento de valores estándar o normas DRIS.

Para desarrollar las normas DRIS de una región, se utiliza una muestra representativa de un gran número de sitios al azar, que pueden ser campos comerciales y/o parcelas experimentales bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo. Se toman muestras de hojas para su análisis y el rendimiento (Sumner, 1986). Las normas basadas en un banco de datos grande, son probablemente más representativas, ya que abarcan un amplio espectro de variabilidad en la población (Letzsch, 1984).

La población se divide en dos grupos: uno correspondiente a altos rendimientos y el otro a bajos. Letzsch y Sumner (1984), demostraron la poca importancia del tamaño de los grupos; pero Walworth y Sumner (1986), recomendaron que el punto de transición entre ambos grupos sea aproximadamente igual al rendimiento de los mejores productores.

El DRIS, se ha usado como una metodología de diagnóstico nutrimental en varios cultivos. Las normas DRIS son las medias de relaciones o formas de expresión de la composición del tejido foliar, con sus respectivas varianzas y coeficientes de variación, de una subpoblación de observaciones de alto rendimiento (Letzsch, 1985).

Las normas DRIS son relaciones de nutrimentos y constituye la media de una población de altos rendimientos con los cuales se calculan los índices DRIS, el orden de requerimientos y el Índice de Desbalance Nutricional de una muestra foliar (Walworth y Sumner, 1987).

Letzsch y Sumner (1984), indican que las mejores normas DRIS, son las que tienen un gran número de observaciones obtenidas al azar, con un límite alto de rendimiento para dividir las dos subpoblaciones (de bajo y alto rendimiento) y que tenga al menos un 10% de observaciones de alto rendimiento.

2.3. Desarrollo de normas DRIS en el cultivo de papa

En el cultivo de papa se han desarrollado normas DRIS en diferentes lugares del mundo, entre ellas se encuentran las de Meldal y Sumner (1980), Mackay et al. (1987) y Navvabzdeh y Malakouti (1993).

Meldal y Sumner (1980) establecieron las normas DRIS para N, P y K en hojas de papa. Las normas fueron desarrolladas de 745 series de datos por composición elemental de hoja y sus respectivas producciones de tubérculos en la provincia de Natal en Sudáfrica. La población total de observaciones fue dividida en dos subpoblaciones en base a su rendimiento; subpoblación A con rendimientos mayores de 42.5 ton/ha y subpoblación B con producciones menores de 42.5 ton/ha.

Mackay et al. (1987), determinaron las normas DRIS en papa para dos áreas de producción en Canadá con diferentes condiciones de suelo y clima. El valor para poblaciones de altos rendimientos en suelos Boreales fue de 40 ton/ha y para suelos Espodosoles fue 32 ton/ha. Dichos autores concluyeron que las normas publicadas para papa en suelos de Sudáfrica determinadas por Meldal y Sumner (1980) fueron completamente insatisfactorias para diagnosticar deficiencias en cualquiera de las dos regiones Canadienses.

Navvabzdeh y Malakouti (1993), desarrollaron las normas DRIS para papa en un suelo calcáreo de Irán. Las normas se establecieron con 50 observaciones para los elementos N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y B. Las producciones se dividieron en dos: altas y bajas, usando como criterio de división 30 ton/ha.

2.4. Calibración de las normas DRIS

Sumner (1986), señala que para verificar si las normas DRIS establecidas son capaces de realizar diagnósticos válidos, es necesario probarlas con datos experimentales independientes, en donde la respuesta de rendimiento haya sido obtenida para un nutrimento particular bajo estudio. Si los índices son capaces de predecir el patrón de comportamiento observado en el experimento, resulta la confirmación de las normas.

Rubio (1990), comparó la precisión del diagnóstico nutricional hecho con las normas DRIS propuestas por Meldad y Sumner en 1980 y el método de valores críticos en un experimento de fertilización en papa en la zona de Navidad, N.L.; concluyendo que las normas DRIS permitieron hacer un diagnóstico nutricional más preciso, basado en un muestreo foliar realizado en las primeras etapas de desarrollo de la planta, comparado con el método de valores críticos.

2.5. Análisis foliares

El análisis foliar es una herramienta para evaluar directamente el estado nutricional de las plantas y la efectividad de las prácticas de fertilización en uso e indirectamente la disponibilidad de nutrimentos por el suelo. Con esta técnica es posible medir la concentración total de un elemento o de una fracción. Cualquiera de estas dos mediciones sirve para diagnosticar y evaluar el estado nutrimental de los cultivos y el suelo. El análisis de plantas también se emplea como base para formular recomendaciones de fertilización (Etchevers, 1997).

El diagnóstico de estado nutricional de una planta se puede hacer con base en observaciones visuales de síntomas de deficiencia o de toxicidad, con base en análisis de suelos o con base en análisis del tejido vegetal, sin embargo, el análisis del tejido vegetal tiene la ventaja de medir el contenido total del nutrimento y no solamente la fracción denominada disponible como sucede en los análisis de suelo (Howeler, 1983).

En la actualidad la utilización de análisis foliares se ha constituido en una herramienta básica en estudios de nutrición, sin embargo su aplicación en cultivos anuales presenta mayores problemas que en cultivos perenes sobre todo por el acelerado desarrollo de los primeros. Lorenz y Tyler (1983), hacen notar que en cultivos de rápido desarrollo como la papa, pueden ocurrir cambios en la concentración de nutrimentos hasta de un 100 % en una semana.

2.6. Importancia del Balance Nutricional en la planta

El desarrollo tecnológico moderno, exige una apreciación integral del manejo de la nutrición en los cultivos agrícolas. Una parte de la integración se logra al calibrar los nutrimentos como funciones de producción. Es primordial considerar el balance nutricional con base a los requerimientos nutricionales de cada especie o cultivo en cuestión; el concepto de balance nutricional se fundamenta en que solo se dan crecimientos óptimos cuando se mantienen niveles o rangos adecuados de nutrimentos (Chan et al., 1985).

Sumner (1979), menciona que el balance de nutrimentos se puede establecer en un nivel bajo o alto; en el balance alto, la planta estará en condiciones de aprovechar más eficientemente otros recursos del ambiente; mientras que en un balance bajo, representará por si mismo el factor limitante de la producción.

Millar et al. (1982) mencionan que si se desea que un cultivo produzca buenos rendimientos, este deberá tener, entre otras cosas, un abastecimiento adecuado de todos los nutrimentos esenciales que la planta toma del suelo; no solamente se requiere que los elementos nutritivos estén presentes en forma tal que las plantas puedan utilizarlos sino que también debe haber un balance entre ellos, de acuerdo con las cantidades que las plantas necesitan.

El DRIS analiza el balance nutricional y permite hacer diagnósticos a partir de análisis foliares, estableciendo el orden limitante de los nutrimentos (Sumner y Boswell, 1981).

2.7. Interacción entre nutrimentos

La interacción de nutrimentos ocurre cuando el abastecimiento de uno afecta la distribución o función de otro, así, dependiendo del abastecimiento del nutrimento, las interacciones pueden inducir deficiencias o toxicidad y pueden modificar la respuesta en crecimiento (Robson y Pitman, 1983).

Una de las bases del DRIS es considerar el uso de las relaciones de nutrimentos para el cálculo de los índices que reflejan deficiencias, excesos relativos ó balance adecuado. Jones (1981), menciona que la técnica DRIS se basa en varias suposiciones respecto a la forma en que el estado nutricional del tejido afecta el rendimiento del cultivo. Estas suposiciones se resumen como sigue:

a) Las relaciones de concentración de nutrimentos son, a menudo, mejores indicadores de deficiencias nutrimentales que aquellas concentraciones de un simple nutrimento.

b) Algunas relaciones de concentraciones de nutrimentos son más importantes que otras.

c) Los rendimientos máximos de un cultivo son alcanzables únicamente cuando los valores de una relación importante se aproxima a un valor óptimo, el cual es aproximadamente el valor medio de la relación de una población seleccionada altamente productiva.

Cepl (1992), utilizando el DRIS para papa en Alemania, concluyó que el rendimiento de tubérculos fue afectado por las relaciones de P:Mg, N:Mg, Ca:K, N:P y el producto de Ca y Mg, las normas calculadas para estos factores fueron 1.01, 12.14, 0.27, 12.13 y 0.74, respectivamente

Los efectos antagónicos y sinérgicos de algún nutriente en particular (en la planta) son ya reconocidos. De particular prominencia son las relaciones recíprocas entre los elementos K, Ca y Mg; aunque también han sido evidenciadas entre aniones y cationes, macronutrientes y micronutrientes y elementos esenciales y no esenciales (Clark, 1970).

Es importante considerar que la interacción entre nutrientes es uno de los factores que afectan al contenido y el estado nutricional de las plantas. Por ejemplo, la aplicación de P disminuye el contenido de Zn, la aplicación de K disminuye el contenido de Ca y Mg. Este antagonismo entre elementos también es muy notable en la absorción del Fe, Cu, Mn y Zn (Howeler, 1983)

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

2.8. Diagnóstico Nutricional en papa

Parent et al. (1994), usando la metodología del DRIS para el cultivo de papa en Canadá, diagnosticó que el N fue el nutriente más limitante en una población de altos rendimientos, mientras que el K fue para la población de bajos rendimientos.

Rubio (1989), realizó un diagnóstico nutricional por el método DRIS para N, P y K y comparó la influencia que tiene el factor nutrición respecto a otros factores

que también inciden en la producción en 22 lotes comerciales de papa en las regiones cercanas a Saltillo, Coahuila. Concluyendo que el factor daño por tizón tardío presentó el mayor índice de determinación con 74.7, le siguió el factor número de tallos por metro con 27.8 y después el índice de balance nutricional con 13.6, los índices de daño por falta de agua, malezas y heladas explicaron en menor proporción la variabilidad del rendimiento del cultivo. Con respecto al diagnóstico nutricional, estableció que el K fue el elemento más deficiente en el 68.2 % de las muestras, P en el 27.3 % y N en el 4.5 %.

2.9. Nutrición del cultivo de papa

Etchevers (1997) menciona que desde un punto de vista aplicado, la nutrición de cultivos proporciona herramientas útiles para controlar que todos los nutrientes que la planta necesita para su crecimiento estén, con anterioridad al establecimiento del cultivo, a su disposición en el suelo y en niveles suficientes, así como también proporciona elementos para asegurar que las concentraciones nutrimentales en la parte aérea, o en cualquier otro órgano de referencia, no sean inferiores a niveles de suficiencia establecidos previamente para estados fenológicos precisos. Estas herramientas también sirven para determinar que la relación de un nutriente respecto de otro no sea inadecuada en el tejido vegetal. Estados nutrimentales distintos del definido como ideal causan trastornos nutricionales que se traducen en alteraciones del crecimiento y afectan los rendimientos esperados.

La falta de un adecuado balance nutricional que considere al suelo, al agua y los agroquímicos aplicados a la planta de papa puede generar problemas de deficiencias y excesos de los nutrientes esenciales, lo que produce, rendimientos reducidos, pobre calidad de tubérculos cosechados, mayor susceptibilidad al ataque de patógenos y un mayor costo del cultivo. El conocimiento de los nutrientes es una buena base para la planeación de un programa adecuado de manejo nutricional del cultivo de papa (Narro, 1995).

Para obtener un alto rendimiento en un cultivo de papa, los niveles de N, P, K, Ca y Mg del suelo deben estar dentro de unas cifras razonables y equilibradas. Por otra parte, cantidades muy pequeñas pero necesarias de micronutrientes deben estar a disposición de la planta; normalmente, estos micronutrientes están presentes en cantidades adecuadas en el suelo (Dominguez, 1997).

2.9.1. Nitrógeno

Papadakis (1977) indica que la importancia del N en la planta ha quedado suficientemente probada, ya que participa en la composición de las sustancias orgánicas más importantes, tales como clorofila, aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, etc. Debido a que estas sustancias sirven de base para la mayoría de los procesos que rigen el desarrollo, crecimiento y multiplicación de las plantas; resulta evidente la importancia de este elemento en las funciones más características de la vida vegetal. Agrega que un suministro adecuado de N a la planta, produce un rápido crecimiento, un color verde intenso de las hojas, mejora la cantidad y aumenta el contenido de proteínas del producto.

La mayoría de los suelos calcáreos se presentan en zonas áridas y semiáridas, las cuales tienen bajos contenidos de materia orgánica (menos de 2%). Debido a que más del 90% del N está asociado a la materia orgánica, es de esperarse deficiencias de N en suelos calcáreos. En el norte de México es el elemento nutricional que más limita el rendimiento de los cultivos, por lo que debe ser aplicado como fertilizante en la mayoría de los suelos (Olivares, 1997).

Dominguez (1997), menciona que el N es muy necesario durante este período inicial, influyendo de modo importante en el desarrollo foliar, que según se ha visto, es determinante de la capacidad posterior de síntesis de hidratos de carbono. Una alimentación adecuada durante este período influye, por tanto, en el vigor de la planta y en el rendimiento del almidón.

El cultivo de papa requiere suficiente N durante el crecimiento rápido y la tuberización; la cantidad por aplicar varía de acuerdo a la variedad y tipo de suelo cultivado. El exceso de N produce bajo rendimiento debido a un pobre desarrollo de raíces, y las hojas se pueden enrollar hacia arriba y formar "oreja de ratón", las variedades de ciclo largo son especialmente susceptibles a éste problema, en donde además se reduce muy drásticamente el llenado de tubérculos y aumenta el riesgo de ataque de insectos y patógenos (Narro, 1995).

El área foliar por planta depende del desarrollo de la planta durante la etapa de crecimiento vegetativo. Un adecuado crecimiento vegetativo depende de adecuadas condiciones climáticas, buena cantidad de humedad y adecuados niveles de nutrimentos, especialmente N. En papa, en la etapa de crecimiento vegetativo debe haber abundante N para desarrollar los órganos necesarios para la fotosíntesis, sin embargo, después de la floración la suplementación con N debe disminuir (Mengel y Kirkby, 1982).

El efecto del N sobre el rendimiento en tubérculos se puede atribuir a dos procesos: un efecto positivo sobre el tamaño de la parte aérea de la planta que afecta a la cantidad de radiación interceptada y por lo tanto a la acumulación de materia seca, y un efecto negativo acumulando la materia seca en otras partes del crecimiento, diferentes del tubérculo (Alonso, 1996).

A partir de la floración, una alimentación de N en exceso estimula la producción de giberelinas, lo que implica, al variar el equilibrio de fitohormonas, la interrupción de la tuberización y el aumento del crecimiento vegetativo, derivándose los carbohidratos hacia el desarrollo foliar. Existe una correlación claramente negativa entre la disponibilidad de N después de la floración y la tuberización (Dominguez, 1997).

2.9.2. Fósforo

La solubilidad del P es baja, lo cual reduce prácticamente su disponibilidad y constituye una desventaja. El pH más favorable para la disponibilidad del P se encuentra próximo a la neutralidad o ligera acidez. En condiciones débilmente alcalinas suele existir abundancia de Ca en el suelo, lo cual favorece la conversión de P soluble en hidroxapatita $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ u otros fosfatos de Ca poco solubles. Con pH próximo a 8 o levemente superior, la solubilidad de estos materiales es tan baja, que con frecuencia se presentan deficiencias. Puede así, existir una abundancia de compuestos sólidos de P en el suelo, al tiempo que los fosfatos solubles son insuficientes para cubrir las necesidades de las plantas (Thompson y Troeh, 1980).

La presencia de carbonatos es factor determinante en el pH del suelo, si la cantidad no es alta, dicho valor será aproximadamente de 7.5, pero si el contenido de carbonatos es alto, entonces, es de esperar valores hasta de pH 8.3. Bajo tales condiciones existe una disminución en la disponibilidad de algunos nutrimentos tales como P, Fe, Mn y Zn, lo que origina problemas por deficiencias nutricionales (Pulido et al., 1992).

Los reportes en la región de Navidad N. L. y Sierra de Arteaga, Coahuila indican una baja eficiencia en la aprovechabilidad de P por problemas de fijación, ya que los cultivos utilizan del 5 al 30 % del P aplicado (Morales, 1996).

El P presenta alta movilidad en tejidos vegetales, pero es muy poco móvil en el suelo. Es un componente de proteínas y núcleo-proteínas; participa en procesos de transferencia metabólica y transporte de energía (ATP). El P estimula la formación y crecimientos de raíces. El P se requiere con mayor importancia durante el crecimiento inicial y rápido y al final de la tuberización. Las plantas deficientes son pequeñas y presentan hojas, tallos y ramas de color púrpura; pobre crecimiento de raíces y estolones, y rendimiento reducido. Existe una gran

variedad de tipos de suelos cultivados con papa que tienen problemas con éste elemento, el cual se pierde del suelo por remoción por plantas, fijación y formación de compuestos insolubles (Narro, 1995).

El P que se absorbe durante la etapa de desarrollo vegetativo determina en gran medida el desarrollo del sistema radicular e influye considerablemente en el segundo componente de la producción, es decir, el número de tubérculos por planta que se determina durante el crecimiento inicial del cultivo (Domínguez, 1997).

Alonso (1996), menciona que el P contribuye a adelantar la tuberización y también produce un desarrollo más temprano del cultivo (precocidad). Igualmente, el P favorece el desarrollo del sistema radicular al comienzo de la vegetación. En ciertos experimentos se ha visto que dosis altas de P aumentan el número de tubérculos producidos por la planta.

De acuerdo a Gargantini et al. (1963) la mayor cantidad de P está presente en los tubérculos y después en las hojas y en los tallos. A los 40 días, la planta de papa ya ha absorbido el 80% del total del P; posteriormente se produce la translocación de los órganos aéreos y subterráneos hacia los tubérculos. Considerando que el P no es lixiviado y que el cultivo lo requiere especialmente en su primer desarrollo, se recomienda que este elemento esté disponible desde el inicio de su desarrollo.

La falta de P asimilable se refleja en bajos rendimientos y calidad pobre, más que en síntomas en la planta. En el follaje, los bordes de las hojas aparecen color rojo-marrón a marrón-violeta y están curvados hacia arriba (Montaldo, 1984).

2.9.3. Potasio

El K es de movilidad alta en los tejidos y media en el suelo, interviene en la formación de azúcar y almidón; síntesis de proteína, cataliza reacciones, neutraliza ácidos orgánicos y opera la apertura de estomas. Imparte gran vigor y resistencia a las enfermedades. La deficiencia de K provoca infestación de enfermedades y se reduce el rendimiento y la calidad de frutos (Narro, 1995).

El K es el elemento absorbido en mayor cantidad, alcanza intensidades de absorción diarias de 10-12 Kg de K_2O/ha . Su influencia en el desarrollo vegetativo de la planta es muy grande. No obstante, su acción esencial es la de aumentar, junto con el P, la eficacia de la fijación de la energía solar que se traduce en una mayor síntesis de carbohidratos. Por otra parte, interviene en el transporte de las sustancias transformadas hacia los tubérculos. También se ha podido comprobar su influencia favorable en el tamaño de los tubérculos y en la resistencia a las enfermedades (Dominguez, 1997).

Los principales compuestos que acumulan la papa son los carbohidratos, específicamente el almidón. El almidón es producido diariamente en las hojas de la papa, a través de la fotosíntesis, la cual se incrementa al iniciarse la tuberización y el desarrollo de los tubérculos. Desde los centros de producción en las hojas, el almidón va siendo movilizado hacia los tubérculos donde finalmente se almacena. El principal elemento responsable de la movilización del almidón desde las hojas al tubérculo es el K, de tal forma que un alto contenido de este elemento en las plantas es decisivo para obtener altos rendimientos y alta calidad en la producción (Mengel y Kirkby, 1982).

El K es absorbido como ion K^+ . Este elemento tiene gran importancia en el metabolismo de la planta, especialmente en la fotosíntesis y en la translocación de los azúcares. De acuerdo a Gargantini et al. (1963) entre los órganos vegetativos, las hojas contienen la mayor cantidad de K; después están los tallos y las raíces.

Estos mismo autores observaron que después de los 50 días de ciclo, cuando aumenta el ritmo de formación de los tubérculos, éstos pasan a tener la mayor proporción del K.

La influencia del abonado potásico se aprecia más en la calidad de la producción que en el rendimiento. El K influye fundamentalmente en el contenido en materia seca, obscurecimiento de la carne, susceptibilidad a los daños por golpes, decoloración o azuleamiento después de la cocción y comportamiento en el almacenaje. Otros efectos del K son: incrementa la resistencia a las heladas, da resistencia a la sequía al reducir la transpiración e incrementa la resistencia a enfermedades (Alonso, 1996)

La carencia de K es fácil de reconocer por el aspecto enfermizo y el deficiente desarrollo foliáceo y de los tubérculos. La superficie foliar muestra primero una coloración azul-verdosa entre las nervaduras, y manchas rojo-marrón en los bordes de ellas, que se enrollan hacia abajo. Más tarde se extienden sobre la superficie foliar coloraciones amarillentas o negro-marrón, y a causa de la muerte de los tejidos las hojas se desprenden prematuramente. También señalan a la falta de K las manchas grises de los tubérculos y el ennegrecimiento que presentan a la cocción (Montaldo, 1984).

Los fertilizantes potásicos aplicados al suelo son atraídos a la superficie de las arcillas y pueden ser retenidos débilmente, quedando en forma intercambiable; otra parte puede permanecer en la solución del suelo; y otra porción puede ser absorbida en forma inmediata por el cultivo. Además, otra de las porciones puede ser fijada o convertida a una forma no disponible para la planta (Manual de Fertilidad de Suelos, 1988).

2.9.4. Calcio

El Ca es necesario para el crecimiento de meristemos y raíces. Los

pectatos de Ca juegan un papel importante en la formación de la lamela media de las células, interviene en la absorción de N y es básico para neutralizar los ácidos orgánicos en la planta. La deficiencia de Ca se presenta como una reducción en el sistema de hojas y raíces, no es móvil en la planta y los síntomas aparecen primero en los tejidos de hojas jóvenes (Flegmann y Raymond, 1980).

Los suelos de pH mayor de 8.0 pueden *contener* altas cantidades de Ca precipitado como carbonato y sulfato de Ca. Las plantas lo toman como Ca^{2+} de la solución. El Ca es de muy baja movilidad en el floema y en el suelo es media; dentro de sus funciones ayuda a mantener la integridad y permeabilidad de las membranas celulares, constituyen parte de las paredes celulares, interviene en la división y elongación celular, en el crecimiento y asimilación del N (Narro, 1995).

Altos contenidos de Ca y Mg se presentan en las plantas debido a que tienden a absorber más cantidad de dichos nutrimentos en suelos de origen calcáreos (Dara et al., 1992).

2.9.5. Magnesio

El Mg se encuentra en el suelo como Mg^{2+} y en forma intercambiable en los coloides del suelo. Los niveles de suficiencia en el cultivo de papa son de 0.70-1.0%. La movilidad en la planta es alta y en el suelo es media; forma parte de la molécula de clorofila y sirve como factor de la mayoría de las enzimas que activan los procesos de fosforización. Participa en la síntesis de ARN y proteínas. Es necesario en la formación de azúcares, ayuda a regular la asimilación de K y Ca (Narro, 1995).

En regiones áridas y semiáridas hay suelos muy contaminados con grandes cantidades de Mg como Mg SO_4 . La distribución de Mg en suelos puede ser considerada igual a la distribución de K. Aunque el rango de liberación de Mg está bajo en comparación de la demanda del cultivo, el Mg intercambiable está

usualmente en el orden aproximado del 5% del Mg total y ésta fracción es de gran importancia en la nutrición de la planta (Mengel y Kirkby, 1982).

Alonso (1996), menciona que cuando se aplican dosis altas de K o bien de N en forma amoniacal se está reduciendo la disponibilidad de Mg en el suelo, ya que es un elemento muy susceptible a la competencia de otros cationes en su absorción.

2.9.6. Micronutrientos

Brown y Kratky (1983), mencionan que de los 16 elementos esenciales de las plantas, 7 se denominan micronutrientos y son: Fe, Cu, Zn, B, Mo, Mn y Cl. La diferencia de cualquiera de estos elementos puede causar reducción grave del rendimiento y en condiciones extremas el fracaso total del cultivo; también señalan que el origen de las deficiencias puede ser por el tipo de suelo (pH y material original), la materia orgánica, la actividad microbiana (el metabolismo de microorganismos induce deficiencias), la humedad del suelo (aireación) y el consumo del elemento.

2.9.7. Hierro

El Fe puede llegar a las raíces de las plantas como Fe^{2+} , Fe^{3+} o quelato. El ion requerido preferentemente por las plantas es el Fe^{2+} y la eficiencia de absorción esta muy relacionada con la capacidad de la planta para transformar el Fe^{3+} (férrico) a Fe^{2+} (ferroso). Algunas plantas eficientes para absorber hierro, bajan el pH de la solución o excretan sustancias reductoras capaces de reducir de Fe^{3+} a Fe^{2+} . La nutrición del hierro depende además de la presencia de carbonatos en el suelo, del contenido de fosfatos, de los niveles de metales pesados como Cu, Mg y Zn (Mortvedt et al., 1983).

El Fe presenta baja movilidad tanto en suelos como en plantas y es un

componente importante en varios sistemas enzimáticos y de la proteína ferredoxina y se requiere para la reducción de sulfatos y nitratos, así como la síntesis de clorofila. Es conveniente, en muchos casos aplicar éste elemento desde las etapas tempranas de crecimiento de las plantas de papa, aunque su demanda es mayor durante el crecimiento rápido. El exceso de éste elemento se manifiesta por un bronceado de las hojas y puede inducir deficiencias de otros elementos menores (Narro, 1995).

La cantidad asimilable de Fe en el suelo varía principalmente con el pH del mismo. Cuando hay una gran alcalinidad (pH alto) la forma férrica tiende a la formación de hidróxido férrico que se precipita haciéndose insoluble. Esto ocurre en suelos con alto contenido de Ca, produciéndose en las plantas una severa clorosis, llamada "clorosis caliza" (Rodríguez, 1982).

2.9.8. Manganese

El Mn es el micronutriente más abundante en el suelo después del hierro, y se encuentra con valencias Mn^{2+} , Mn^{3+} y Mn^{4+} . La forma más común de absorción por la planta es como Mn^{2+} , el cual puede encontrarse absorbido en los coloides del suelo, en la solución en forma iónica o quelato. Los principales factores que afectan la disponibilidad de Mn en el suelo son el pH y el potencial redox. El Mn es absorbido activamente por el sistema radicular como Mn^{2+} . Se distribuye en la planta principalmente por el xilema, siendo un elemento de baja movilidad vía floema, lo que hace que los síntomas de toxicidad se manifiestan en las hojas nuevas. En los suelos calcáreos la solubilidad de Mn disminuye a medida que se incrementa el $CaCO_3$. El Mn se absorbe al $CaCO_3$ ó se precipita como MnO_2 . En suelos con alto pH y altos contenidos de materia orgánica son comunes las deficiencias de Mn, las cuales pueden ser minimizadas con aplicaciones foliares (Mortvedt et al., 1983).

Jones et al. (1991), reportan al Mn como micronutriente esencial que está involucrado en los procesos de oxidación y reducción en el sistema fotosintético de transporte de electrones. Es esencial en el fotosistema II y fotólisis, actúa como acompañante del ATP y enzima de fosfoquinasa compleja y fosfotransferasa y activa oxidasas de AIA.

Las plantas dicotiledoneas deficientes presentan clorosis intervenal en hojas jóvenes, con venas verde pálido. La disponibilidad del Mn disminuye al incrementarse el pH del suelo. El Mn reacciona con fosfatos y se fija; además se pierde por remoción por plantas, lavado y erosión. El exceso de Mn puede ocasionar puntos café rodeados de un círculo clorótico en hojas viejas y puede originar deficiencias de otros elementos menores (Narro, 1995).

Houghland (1964) menciona que la deficiencia de Mn se reporta en suelos calcáreos porque bajo tales condiciones este elemento está en forma no disponible para las plantas. Otros elementos (B y Zn) son afectados en forma similar por un exceso de carbonato de Ca.

2.9.9. Zinc

La principal función del Zn es como activador enzimático de no menos de ocho enzimas, siendo las más importantes el grupo de las deshidrogenasas, sintetetasas, carboxilasas e isomerasas. El Zn está estrechamente relacionado con el metabolismo del N de la planta. En las plantas deficientes del Zn se produce una reducción en la síntesis proteica. El Zn está estrechamente relacionado con el proceso de síntesis de AIA, al intervenir en la síntesis de triptófano, precursor del AIA (Mortvedt et al., 1983).

El Zn presenta baja movilidad en el suelo y en tejidos vegetales y participa en la síntesis de auxinas, y en las mismas funciones enzimáticas del Mn y Mg. Las plantas deficientes tienen raíces anormales, hojas moteadas, con clorosis

intervenal, bronceadas, en rosete, su disponibilidad para las plantas disminuye al incrementarse el pH del suelo. El Zn reacciona fuertemente con fosfatos y otros compuestos y se fija; además se pierde por remoción por plantas, lavado, y erosión. El cultivo de papa requiere suministro de Zn durante prácticamente todo el ciclo (Narro, 1995).

Jones et al. (1991) lo reportan en la solución como catión Zn^{2+} , como Zn intercambiable y como complejos orgánicos de Zn y agregan que su disponibilidad se afecta por un alto pH y P.

2.9.10. Cobre

La movilidad del Cu es baja en suelos y en tejidos vegetales y participa como constituyente de la proteína plastocianina del cloroplasto y sirve como parte del sistema de transportes de electrones ligando los fotosistemas I y II. Participa en la síntesis de lignina, y es cofactor en la síntesis de ácidos nucleicos. Las plantas deficientes presentan hojas jóvenes distorsionadas y necrosis en el meristemo apical. La disponibilidad del Cu disminuye al incrementarse el pH del suelo. El exceso del Cu puede ocasionar deficiencia de Fe y clorosis y crecimiento reducido de raíz. Las fuentes más comunes que se aplican son el sulfato de Cu y diferentes fungicidas que contienen éste elemento (Narro, 1995).

Para la mayoría de las especies de plantas, las altas cantidades de Cu en el medio de crecimiento son tóxicas. El efecto aparenta estar relacionado en parte con la capacidad del Cu de remplazar a otros iones metálicos como el Fe. La clorosis es un síntoma que usualmente se observa en la toxicidad del Cu, superficialmente parecido a la deficiencia del Fe. Niveles altos de Ca contrarrestan la toxicidad de Cu, así también apoyan la perspectiva del Cu excesivo, ejerciendo una influencia en la estructura de la membrana (Mengel y Kirkby, 1982).

2.9.11. Boro

El B es absorbido perfectamente por las raíces de las plantas en la forma de H_3BO_3 . Tal como ocurre con el Ca, el B sufre un transporte unidireccional por el xilema vía corriente transpiratoria. Vía floema es prácticamente inmóvil, motivo por el cual se manifiestan primero en las hojas nuevas y ápices de crecimiento. Una importante función del B es facilitar el transportar de azúcares a través de las membranas. Se forma un complejo azúcar borato, que atraviesa más fácilmente las membranas celulares. En suelos encalados, o con altos contenidos de Ca disminuye la disponibilidad de B para los cultivos. Los suelos calcáreos pueden ser deficientes en B a causa de su alto pH (Mortvedt et al., 1983).

La adsorción de B a minerales arcillosos se incrementa al incrementar el pH. Sin embargo, en suelos calcáreos no son frecuentes las deficiencias de B debido a que en muchas ocasiones el agua de riego puede tener alta concentración de este elemento o puede acumularse en el suelo debido a una baja lixiviación (Mengel y Kirkby, 1982).

En plantas de papa rara vez se han observado síntomas de deficiencia de B, los cuales consisten en reducción en crecimiento con entrenudos cortos y hojas enrolladas. En los tubérculos se distinguen manchas necróticas, marrones, con reducción en su calidad culinaria. El exceso de B causa amarillamiento en las puntas de las ramas, seguidas de necrosis (Narro, 1995).

Rodríguez (1982), menciona que los vegetales poseen una distinta tolerancia y sensibilidad al B. Se consideran muy sensibles aquellos que toleran entre 0.3 y 1 ppm en el agua de riego (limón, naranjo, aguacate, vid, manzano, peral, ciruelo y nogal). Tolerantes, entre 1 y 2 ppm de B en el agua de riego (zanahoria, lechuga, col, nabo, cebolla, remolacha y alfalfa). Muy tolerantes, de 2 a 4 ppm (camote, calabaza, avena, maíz, trigo, cebada, olivo, tomate, algodón, papa y girasol).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Para cumplir con el objetivo de establecer las normas DRIS en la región, se planteó lo siguiente:

3.1.1. Localización de las áreas de muestreo

En este trabajo de investigación la fase de campo se inició durante el ciclo P-V 1996 y se continuó en el ciclo P-V 1997, para lo cual se realizaron recorridos de campo para localizar predios sembrados de papa en los municipios de Arteaga, Coahuila y Galeana, N.L. En la Figura 1 se presenta la ubicación de las áreas de muestreo.

3.1.2. Colección de muestras foliares

Se colectaron muestras foliares en la etapa vegetativa de inicio de tuberización del cultivo de papa, obtenidas de la cuarta o quinta hoja incluyendo el pecíolo, a partir del ápice de la planta. Cada muestra foliar consistió de 40 ó 50 hojas en una área de 20 m².

3.1.3. Número de muestras foliares colectadas por municipio, localidad y ciclo agrícola

En el Cuadro 1 se presenta el número de muestras foliares colectadas por municipio, por localidad y por ciclo agrícola. Durante el ciclo P-V de 1996 fueron colectadas 72 muestras foliares, para el segundo ciclo del cultivo (P-V 1997), se tomaron 70 muestras foliares. En total de los dos ciclos de cultivo se tomaron 142 muestras foliares

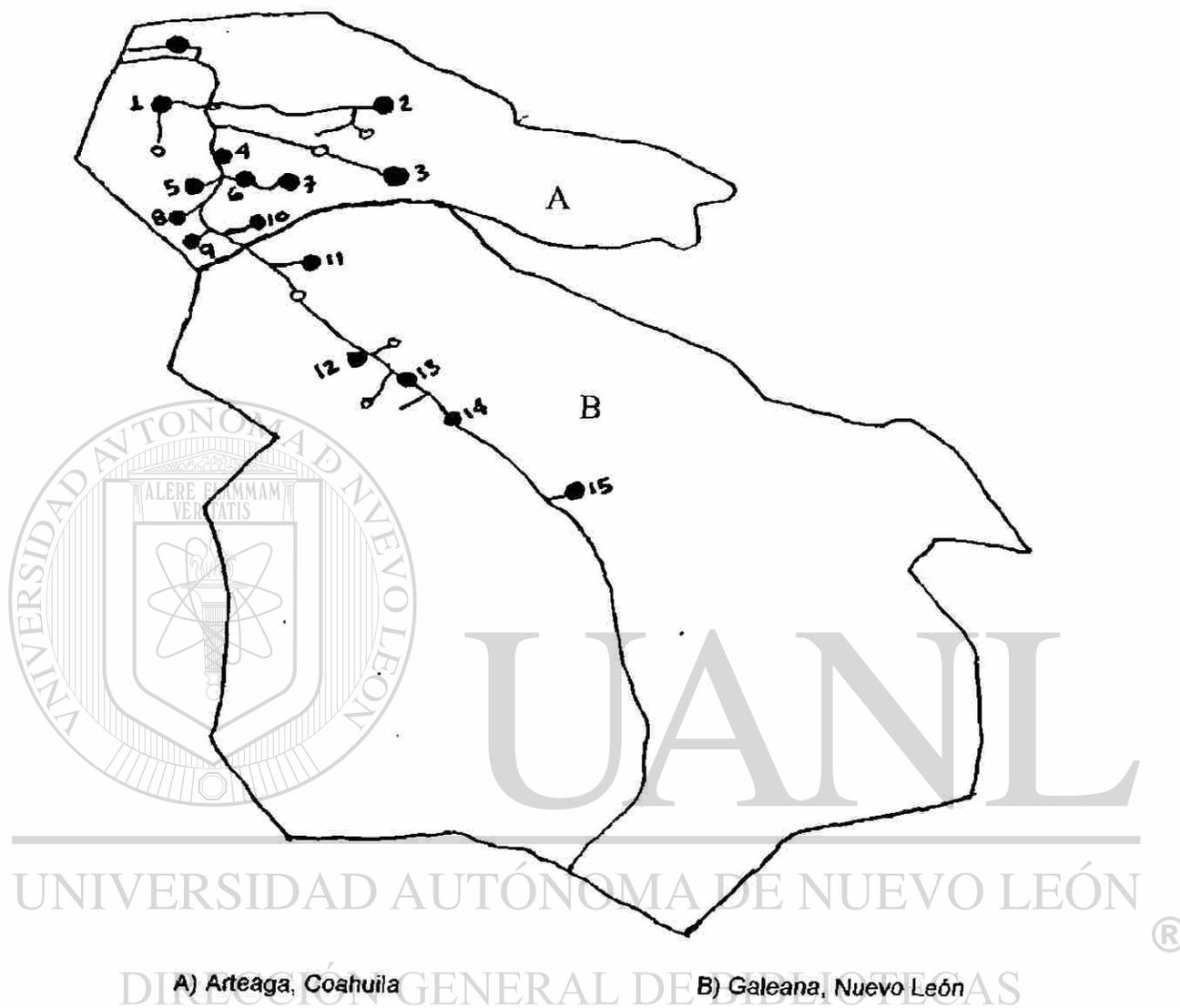


Figura 1. Ubicación de las áreas de muestreo donde se desarrolló la investigación

Cuadro 1. Número de muestras foliares colectadas por municipio, localidad y ciclo agrícola

Municipio	Ciclo P-V 1996	Ciclo P-V 1997
Arteaga, Coahuila	Huachichil (13)	Huachichil (11)
	E. Zapata (14)	E. Zapata (8)
	San Felipe (6)	San Felipe (6)
	San Antonio (6)	San Antonio (4)
	Los Llanos (8)	Los Llanos (17)
	Cedritos (2)	Las Playas (2)
	S.J. del Vergel (4)	Los Lirios (3)
	La Herradura (3)	
	Los Lirios (1)	
	Total (57)	Total (51)
Galeana, Nuevo León	Puerto México (6)	Puerto México (10)
	Trinidad (4)	San Joaquín (7)
	San Rafael (3)	Providencia (2)
	Providencia (2)	
	Total (15)	Total (19)
	Total por ciclo (72)	Total por ciclo (70)

3.1.4. Preparación de muestras foliares

Una vez obtenidas dichas muestras se lavaron en una solución de HCl 0.1 M, mezclada con agua desmineralizada, después fueron secadas en una estufa de aire forzado a una temperatura de 70° C por 24 horas, para luego ser molidas en un molino de acero inoxidable.

3.1.5. Análisis de muestras foliares

Las muestras se analizaron en el laboratorio de CENID-RASPA de Gómez Palacio, Durango, en el cual se determinó la concentración de N, por el método del destilador microkjeldahl, P por el método colorimétrico utilizando molibdato de amonio y K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn y B por absorción atómica.

3.1.6. Estimación de rendimiento comercial

Posteriormente se continuó con otros recorridos de campo para ubicar los lotes que se muestrearon y que estuvieran listos para cosecha, con la finalidad de estimar el rendimiento comercial, haciendo dicha estimación, en el mismo sitio donde se tomaron las muestras foliares, para lo cual se tomó la misma área de muestreo (20 m^2) y se clasificaron los tubérculos en primera, segunda y tercera categoría.

3.1.7. Metodología para el establecimiento de las normas DRIS

Con la determinación de la concentración de nutrimentos en el laboratorio y con los datos de estimación de rendimiento comercial de los predios muestreados, se obtuvieron las normas para el cultivo de papa en la región mediante la metodología DRIS (Sistema Integral de Diagnóstico y Recomendación) propuesta por Beaufls (1973) en base a 142 observaciones de los dos ciclos.

3.1.8. Procedimiento utilizado para el establecimiento de las normas DRIS

- i) El total de observaciones de análisis foliares para el ciclo P-V 1996, 1997 y análisis total de los dos ciclos, se dividió en dos poblaciones (mayores o iguales a 40 ton/ha) y bajos rendimientos (menores de 40 ton/ha).
- ii) Se analizó la información mediante un diseño completamente al azar, utilizando la prueba de F para comparar dichas poblaciones.
- iii) Se calculó la media y el coeficiente de variación de las diferentes formas de expresión de nutrimentos en ambas poblaciones para cada uno de los ciclos y total de los dos ciclos.

iv) Se tomó la media y el coeficiente de variación de la población de altos rendimientos, para construir los valores de referencia o normas DRIS para cada ciclo y total de los dos ciclos.

3.2. Para cumplir con el segundo objetivo de realizar un diagnóstico nutricional regional por diferentes métodos, se planteó lo siguiente:

3.2.1. Datos y métodos utilizados

Con la determinación de la concentración de nutrimentos en el laboratorio y con los datos de estimación de rendimiento comercial de los predios muestreados, para el ciclo P-V 1996 (72 muestras), 1997 (70 muestras) y análisis total de los dos ciclos (142 muestras), se realizó un diagnóstico nutricional para el cultivo de papa, utilizando 3 métodos estadísticos diferentes: Análisis de Varianza, Correlación Simple y Componentes Principales. *

También se hicieron diagnósticos nutricionales utilizando únicamente la información de los análisis foliares, mediante los métodos de Rangos de Suficiencia y Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS).

3.2.2. Procedimiento utilizado para el diagnóstico nutricional por medio del Análisis de Varianza

- a) El total de observaciones de análisis foliares para el ciclo P-V 1996, 1997 y análisis total de los dos ciclos, se dividió en dos poblaciones: altos rendimientos (mayores o iguales a 40 ton/ha) y bajos rendimientos (menores de 40 ton/ha).
- b) Se analizó la información mediante un diseño completamente al azar, utilizando la prueba de F para comparar dichas poblaciones.

3.2.3. Procedimiento utilizado para el diagnóstico nutricional por medio de Correlación Simple

a) Los datos de concentración de nutrimentos en el tejido de la planta se analizaron por correlación simple con el rendimiento obtenido en cada sitio de muestreo.

b) Se determinaron los coeficientes de correlación y niveles de significancia (p), entre el rendimiento y la concentración de nutrimentos en la hoja de papa para N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn y B, así como la relación entre ellos.

3.2.4. Procedimiento utilizado para el diagnóstico nutricional por medio de Componentes Principales

a) Los datos de concentración de nutrimentos se analizaron por medio de componentes principales con rotación Varimax y se realizó un análisis de regresión múltiple, considerando como variable dependiente el rendimiento y como variables independientes a los componentes principales.

b) Se determinaron los coeficientes de correlación entre los componentes principales y la concentración de nutrimentos en las hojas de papa.

c) Se establecieron los niveles de significancia que explican la relación entre los componentes principales y el rendimiento.

En los análisis estadísticos realizados para el diagnóstico nutricional por medio del análisis de varianza, correlación simple y componentes principales, se utilizó el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).

3.2.5. Procedimiento utilizado para el diagnóstico nutricional por medio de Rangos de Suficiencia

Los análisis de laboratorio de cada muestra, se compararon con los Rangos de Suficiencia establecidos para el cultivo de papa por Reuter y Robinson (1986) y Walwort y Muñiz (1993).

3.2.6. Procedimiento utilizado para el diagnóstico nutricional por medio del DRIS

Los análisis de laboratorio de cada muestra se utilizaron para hacer un diagnóstico nutricional para cada ciclo, con las normas DRIS obtenidas para cada uno de los mismos. La metodología contempla que la interpretación se sustente en la estimación de un índice para cada factor, en función de la diferencia entre los valores de forma de expresión (relación entre dos nutrimentos) de la muestra tomada en el campo y la norma DRIS correspondiente.

Para determinar los índices DRIS en cada muestra obtenida, el procedimiento fue el siguiente:

a) Se calcularon las relaciones de las normas DRIS con las relaciones calculadas de los análisis foliares de las muestras consideradas. Si el valor medio de la relación de la muestra era mayor que la media de la relación de la norma DRIS, se utilizó la siguiente ecuación:

$$f\left(\frac{N}{P}\right) = 100\left(\frac{N/P}{n/p} - 1\right) \frac{10}{CV}$$

Si el valor medio de la relación de la muestra era menor que la media de la norma DRIS se utilizó:

$$f\left(\frac{N}{P}\right) = 100\left(1 - \frac{n}{N} \frac{P}{P}\right) \frac{10}{CV}$$

Donde:

$$f\left(\frac{N}{P}\right) = \text{Función de la relación N/P}$$

$\frac{n}{P}$ = Valor medio de la relación n/p de la norma DRIS obtenida en cada ciclo

$\frac{N}{P}$ = Valor de la relación N/P en la muestra

C.V. = Coeficiente de variación para el establecimiento de las normas DRIS

c) Una vez estimada la función de cada relación, se calcularon los índices de los nutrientes involucrados. Las siguientes ecuaciones representan la forma general de los índices DRIS, para cada nutriente.

$$I(N) = f(N/P) + f(N/K) + f(N/Ca) + f(N/Mg) + f(N/Fe) + f(N/Mn) + f(N/Cu) + f(N/Zn) + f(N/B) / 9$$

$$I(P) = -f(N/P) + f(P/K) + f(P/Ca) + f(P/Mg) + f(P/Fe) + f(P/Mn) + f(P/Cu) + f(P/Zn) + f(P/B) / 9$$

$$I(K) = -f(N/K) - f(P/K) + f(K/Ca) + f(K/Mg) + f(K/Fe) + f(K/Mn) + f(K/Cu) + f(K/Zn) + f(K/B) / 9$$

$$I(Ca) = -f(N/Ca) - f(P/Ca) - f(K/Ca) + f(Ca/Mg) + f(Ca/Fe) + f(Ca/Mn) + f(Ca/Cu) + f(Ca/Zn) + f(Ca/B) / 9$$

$$I(Mg) = -f(N/Mg) - f(P/Mg) - f(K/Mg) - f(Ca/Mg) + f(Mg/Fe) + f(Mg/Mn) + f(Mg/Cu) + f(Mg/Zn) + f(Mg/B) / 9$$

$$I(Fe) = -f(N/Fe) - f(P/Fe) - f(K/Fe) - f(Ca/Fe) - f(Mg/Fe) + f(Fe/Mn) + f(Fe/Cu) + f(Fe/Zn) + f(Fe/B) / 9$$

$$I(\text{Mn}) = -f(\text{N/Mn}) - f(\text{P/Mn}) - f(\text{K/Mn}) - f(\text{Ca/Mn}) - f(\text{Mg/Mn}) - f(\text{Fe/Mn}) + f(\text{Mn/Cu}) + f(\text{Mn/Zn}) + f(\text{Mn/B}) / 9$$

$$I(\text{Cu}) = -f(\text{N/Cu}) - f(\text{P/Cu}) - f(\text{K/Cu}) - f(\text{Ca/Cu}) - f(\text{Mg/Cu}) - f(\text{Fe/Cu}) - f(\text{Mn/Cu}) + f(\text{Cu/Zn}) + f(\text{Cu/B}) / 9$$

$$I(\text{Zn}) = -f(\text{N/Zn}) - f(\text{P/Zn}) - f(\text{K/Zn}) - f(\text{Ca/Zn}) - f(\text{Mg/Zn}) - f(\text{Fe/Zn}) - f(\text{Mn/Zn}) - f(\text{Cu/Zn}) + f(\text{Zn/B}) / 9$$

$$I(\text{B}) = -f(\text{N/B}) - f(\text{P/B}) - f(\text{K/B}) - f(\text{Ca/B}) - f(\text{Mg/B}) - f(\text{Fe/B}) - f(\text{Mn/B}) - f(\text{Cu/B}) - f(\text{Zn/B}) / 9$$

Cada índice es la media de todas las funciones de relaciones donde está involucrado el nutriente. Si el elemento que se calcula está en el numerador se le respeta el signo, pero si está en el denominador se le cambia el signo.

d) Orden de requerimiento nutricional

La suma de los índices positivos y negativos deben ser cero para que exista un balance entre los nutrientes de la muestra analizada. Índices negativos significan deficiencia y los índices positivos indican suficiencia o excesos relativos. El más negativo es el más deficiente y los que le siguen indican el orden de requerimientos de los nutrientes (Walworth y Sumner, 1987).

e) Determinación del índice de desbalance nutricional (IDN)

Una vez determinados los índices DRIS para cada nutriente, se calculó el índice de desbalance nutricional (IDN), sumando todos los índices, independientemente del signo (+ ó -). El valor más grande indica mayor desbalance nutricional y por lo tanto se esperaría un menor rendimiento (Davee et al., 1986)

3.2.7. Programa computacional para el cálculo de índices DRIS

Con la finalidad de facilitar el cálculo de los índices DRIS en el cultivo de papa, utilizando las normas DRIS establecidas en la región, se realizó un programa computacional en Visual Basic (Versión 3.0).

3.3. Para cumplir con el objetivo de calibración de las normas DRIS establecidas, se realizó un experimento:

3.3.1. Localización del experimento

El experimento se estableció en la región de la Sierra de Arteaga, Coahuila, en terrenos del Campo experimental "Saltillo", perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (INIFAP), el cuál se localiza a 25° 16' de Latitud Norte Y 100° 46' de Longitud Oeste, a una altura de 2040 msnm.

3.3.2. Preparación del terreno

Se estableció en un terreno que permaneció en descanso en el ciclo agrícola anterior y se realizó un barbecho con dos meses de anticipación a la siembra y dos pasos de rastra cruzados antes de la siembra

3.3.3. Fecha de siembra y variedad utilizada

El experimento se sembró el 28 de Mayo de 1998. La variedad utilizada fue Atlantic, el tamaño del tubérculo correspondió a tercera categoría.

3.3.4. Densidad de siembra

La distancia entre surcos fue de 92 cm y entre plantas 20 cm. Siendo una densidad de plantación de 54,000 plantas/ha.

3.3.5. Tratamientos de fertilización evaluados

El experimento consistió en evaluar 10 dosis de fertilización, aplicadas al momento de la siembra. En el Cuadro 2 se desglosan los tratamientos evaluados:

Cuadro 2. Tratamientos evaluados en el experimento de calibración de las normas DRIS en papa. Ciclo P-V 1998.

Número	Dosis de Fertilización
1	100- 200-100
2	100-300-200
3	100-400-300
4	200-200-100
5	200-300-200
6	200-400-300
7	300-200-100
8	300-300-200
9	300-400-300
10	0 - 0 - 0

3.3.6. Aplicación de fertilizantes

La aplicación de fertilizantes se realizó al momento de la siembra, utilizando como fuentes de fertilización: Nitrato de Amonio (33.5 % N), Fosfato Monoámonico (11-52-00) y Sulfato de potasio (50 % K₂O).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

3.3.7. Diseño experimental

El diseño experimental fue bloques al azar con 4 repeticiones por tratamiento.

3.3.8. Parcela experimental

La parcela experimental fue de 5 surcos de 5 m de largo y la parcela útil fue constituida por los 3 surcos centrales de 3 m de largo.

3.3.9. Muestreo foliar

Se realizó un muestreo foliar el día 7 de Julio de 1998, 40 días después de la siembra.

3.3.10. Colección de muestras foliares

De cada parcela se tomaron 30 hojas completas incluyendo el pecíolo. La hoja que se tomó de cada planta fue la cuarta o quinta a partir del ápice de la planta, la cuál correspondió a la primera hoja madura totalmente expandida.

3.3.11. Preparación de muestras foliares

Una vez obtenidas las muestras foliares, se lavaron en una solución de HCl 0.1 M, mezclada con agua desmineralizada, después fueron secadas en una estufa de aire forzado a una temperatura de 70° C por 24 horas, para luego ser molidas en un molino de acero inoxidable.

3.3.12. Análisis de las muestras foliares

Las muestras foliares se analizaron en el laboratorio de Fundación Produce Coahuila A.C, en el cual se determinó la concentración de N, por el método del destilador Microkjeldahl, P por el método Colorimétrico utilizando Molibdato de Amonio y K por Absorción Atómica.

3.3.13. Cosecha del experimento

La cosecha del experimento se realizó el día 17 de Septiembre de 1998, estimándose el rendimiento comercial (1ª, 2ª y 3ª categorías) para cada uno de los tratamientos evaluados.

3.3.14. Cálculo de índices DRIS

Para el cálculo de índices DRIS se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por Beaufils en 1973, descrita anteriormente en el diagnóstico nutricional.

Las siguientes ecuaciones representan la forma general de los índices DRIS, para cada nutrimento.

$$I N = f (N/P) + f (N/K) - f (P/N) - f (K/N) / 4$$

$$I P = f (P/N) + f (P/K) - f (N/P) - f (K/P) / 4$$

$$I K = f (K/N) + f (K/P) - f (N/K) - f (P/K) / 4$$

Se calculó el orden de requerimiento nutricional e índice de desbalance Nutricional (IDN) para cada muestra de acuerdo a la metodología descrita anteriormente.

Los índices DRIS fueron calculados utilizando el programa realizado para tal fin (Sección 3.2.7).

3.3.15. Utilización de otros datos experimentales

Con la finalidad de enriquecer este trabajo de investigación, se aplicaron las normas DRIS establecidas en este trabajo, en un experimento de fertilización con N, P y K para papa, realizado por Rubio (1988), con el objetivo de comprobar la precisión del diagnóstico nutricional hecho con dichas normas.

El experimento consistió en 5 dosis iniciales de fertilización, aplicadas al momento de la siembra, cada una de las cuales se complementó durante la primera escarda para generar otras 5 y de esta manera obtener un total de 25 tratamientos de fertilización.

La lista de tratamientos se incluye en el Cuadro 1A, en el cual se aprecia la estructura de los tratamientos, referente al efecto de un factor adicionado a la dosis inicial, es decir cada dosis inicial se modifica de 5 maneras: 1) Se deja como está, 2) Se agrega N, 3) Se agrega P, 4) Se agrega K y 5) Se agrega N, P y K.

El diseño experimental fue parcelas divididas con 4 repeticiones. Cada parcela estuvo constituida por 15 surcos de 7 m de largo y en cada una de ellas se colocó una repetición de la dosis inicial, posteriormente la parcela grande se dividió en 5 subparcelas de 3 surcos cada uno, las cuales se fertilizaron durante la primera escarda de acuerdo a la lista de tratamientos, quedando así establecidas las dosis finales en parcelas chicas.

El experimento se sembró el 1° de Junio de 1988, en el rancho "El Bayonero" ubicado en el cañon de Emiliano Zapata del municipio de Arteaga, Coahuila. La variedad utilizada fue Alpha.

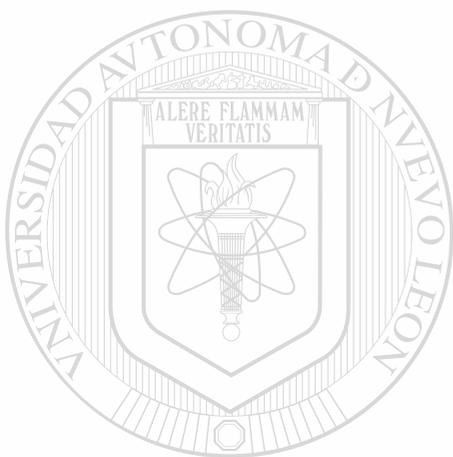
El muestreo foliar de cada parcela grande se realizó el 12 de Julio, cuando la planta tenía una altura de 25-30 cm y 8 a 10 hojas. De cada parcela se tomaron 40 hojas completas incluyendo el pecíolo. La hoja que se tomó de cada planta fue la 5ª y 6ª a partir del ápice.

Las hojas se secaron en una estufa de aire forzado a 65° C y posteriormente se molieron y se les determinó químicamente la concentración de N, P y K.

La segunda aplicación del fertilizante se realizó el 22 de Julio, cuando el follaje aún no cerraba el surco, permitiendo de esta manera el paso de la maquinaria para fertilizar.

Durante el desarrollo del experimento se presentaron heladas y ataque de Tizón tardío (*Phytophthora infestans*), los cuales afectaron el rendimiento del

cultivo. La cosecha del experimento se realizó el día 10 de Octubre, estimándose el rendimiento comercial (1ª, 2ª y 3ª categorías) para cada uno de los tratamientos evaluados.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Establecimiento de las normas DRIS

4.1.1 Ciclo P-V 1996

Para el ciclo P-V 1996, se tomaron 72 muestras foliares con sus respectivos rendimientos de acuerdo con la metodología para el establecimiento de las normas DRIS.

Se dividió la población en altos y bajos rendimientos, considerando el límite de 40 Ton/ha. Al dividir la población, solamente 13 observaciones del total de 72, presentaron producciones iguales o mayores de 40 Ton/ ha, representando un 18% y 59 observaciones fueron para poblaciones de bajos rendimientos (< 40 Ton/ha.). Letzsch y Sumner (1984), mencionan que las mejores normas DRIS son obtenidas considerando un límite alto de rendimiento para dividir las dos poblaciones y que tenga al menos un 10% de observaciones de alto rendimiento.

En el Cuadro 3 se presentan las medias de concentración de nutrimentos en las hojas de papa y coeficientes de variación para diferentes formas de expresión de nutrimentos en poblaciones de altos rendimientos, para el ciclo P-V 1996. En éste Cuadro se observan las medias de concentración y coeficientes de variación para 58 formas de expresión de nutrimentos con N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn y B.

Los análisis de varianza para los nutrimentos y sus relaciones mostraron que N, P y B fueron diferentes significativamente ($p < .05$) entre las poblaciones, así como las relaciones en donde intervienen estos elementos (Cuadro 3).

Se encontraron altos coeficientes de variación para las relaciones en donde intervienen los micronutrimentos, entre ellos mismos y con los macronutrimentos, debido principalmente a la variación de concentración de los mismos, comparado

con la variación de concentración de las relaciones en donde intervienen los macronutrientes, las cuales fueron menores.

Cuadro 3. Medias de concentración en las hojas de papa y coeficientes de variación para diferentes formas de expresión de nutrientes en población de altos rendimientos (mayor o igual a 40 Ton/ha). Ciclo P-V 1996.

Formas de expresión	Media	C.V.	Formas de expresión	Media	C.V.
N *	4.56	14.69	100 P/Mn	.13	107.69
P *	.34	20.58	100 P/Zn *	.59	52.54
K	4.32	15.04	100 P/Cu	3.14	36.62
N/P	13.81	13.61	100 P/B *	2.26	79.64
P/N	.07	14.28	100 K/Fe	2.69	39.40
N/K	1.07	15.88	100 K/Mn	1.62	111.72
K/N	.96	14.58	100 K/Zn	7.74	55.03
P/K *	.08	25.00	100 K/Cu	38.85	34.10
K/P *	13.28	22.36	100 K/B *	30.21	94.04
Ca	2.59	37.83	100 Ca/Fe	1.74	77.58
Mg	.57	15.78	100 Ca/Mn	.83	65.06
N/Ca *	2.06	44.66	100 Ca/Zn	4.51	63.41
N/Mg *	8.15	23.43	100 Ca/Cu	21.00	32.52
P/Ca *	.15	46.66	100 Ca/B *	16.85	71.27
P/Mg *	.60	25.00	100 Mg/Fe	.37	45.94
K/Ca	1.91	42.41	100 Mg/Mn	.19	89.47
K/Mg	7.90	23.41	100 Mg/Zn	.96	45.83
Ca/Mg	4.61	31.23	100 Mg/Cu	4.99	25.05
Fe	182.08	42.36	100 Mg/B *	3.90	71.28
Mn	389.92	43.87	Fe/Mn	.86	175.58
Zn	68.31	42.57	Fe/Zn	3.43	94.75
Cu	12.00	23.58	Fe/Cu	17.24	76.39
B *	20.23	40.78	Fe/B *	11.82	78.93
100 N/Fe	2.81	35.23	Mn/Zn	5.85	30.08
100 N/Mn	1.74	114.36	Mn/Cu	31.97	44.47
100 N/Zn	8.20	55.36	Mn/B *	24.39	67.19
100 N/Cu	41.75	35.73	Cu/Zn	.21	42.85
100 N/B *	31.11	83.70	Cu/B *	.84	82.14
100 P/Fe	.21	42.85	Zn/B *	4.01	53.36

* Diferencia Significativa $p < .05$

4.1.2 Ciclo P-V 1997

En el ciclo P-V 1997, se tomaron 70 muestras foliares con sus respectivos rendimientos. Al dividir en este ciclo, la población en altos y bajos rendimientos, 34 observaciones del total de 70 presentaron producciones iguales o mayores de 40 Ton/ ha, representando un 48.5 % y 36 observaciones fueron para poblaciones de bajos rendimientos (< 40 Ton/ha.).

En el Cuadro 4 se presentan, medias de concentración de nutrimentos en las hojas de papa y coeficientes de variación para diferentes formas de expresión de nutrimentos en poblaciones de altos rendimientos, para el ciclo P-V 1997. En éste Cuadro se observa las medias de concentración y coeficientes de variación para 58 formas de expresión de nutrimentos con N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn y B.

Los análisis de varianza para los nutrimentos y sus relaciones mostraron que N, Mg y Mn fueron diferentes significativamente ($p < .05$) entre las poblaciones, así como las relaciones en donde intervienen estos elementos (Cuadro 4).

En cuanto a la varianza de micronutrimentos medida con el coeficiente de variación, se observaron las mismas tendencias del ciclo anterior. Los coeficientes de variación para los micronutrimentos fueron mayores que los coeficientes de variación para los macronutrimentos.

4.1.3 Análisis total de los dos ciclos

En el análisis total de los dos ciclos se consideraron 142 muestras foliares con sus respectivos rendimientos, tomando la información de los dos ciclos P-V 1996 y 1997.

Al dividir la población en altos y bajos rendimientos, 47 observaciones del total de 142, presentaron producciones iguales o mayores de 40 Ton/ha, representando un 33 % y 95 observaciones fueron para poblaciones de bajos rendimientos (< 40 Ton/ha).

En el Cuadro 5 se presentan las medias de concentración de nutrimentos en las hojas de papa y coeficientes de variación para diferentes formas de expresión de nutrimentos en poblaciones de altos rendimientos, para el análisis total de los dos ciclos. En éste Cuadro se observan las medias de concentración y coeficientes de variación para 58 formas de expresión de nutrimentos con N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn y B para el análisis total de los dos ciclos. Dichos valores fueron considerados como las normas DRIS en base a las 142 observaciones. Letzsch (1985) y Walwort y Sumner (1987) mencionan que las normas DRIS son las medias de las relaciones o formas de expresión de la composición del tejido foliar, con sus respectivos coeficientes de variación de una población de altos rendimientos.

Los análisis de varianza para los nutrimentos y sus relaciones mostraron que N, P, Mg, Fe, Mn y B fueron diferentes significativamente ($p < .05$) entre las poblaciones, así como las relaciones en donde intervienen estos elementos (Cuadro 5).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

También se presentaron altos coeficientes de variación para las relaciones en donde intervienen los micronutrimentos, entre ellos mismos y con los macronutrimentos.

Cuadro 4. Medias de concentración en las hojas de papa y coeficientes de variación para diferentes formas de expresión de nutrimentos en población de altos rendimientos (mayor o igual a 40 Ton/ha). Ciclo P-V 1997.

Formas de expresión	Media	C.V.	Formas de expresión	Media	C.V.
N *	4.81	9.23	100 P/Mn *	.07	43.27
P	.32	15.65	100 P/Zn	.43	35.46
K	3.96	15.91	100 P/Cu	2.43	61.30
N/P *	15.08	12.83	100 P/B	1.33	36.88
P/N	.07	13.35	100 K/Fe	1.060	45.64
N/K	1.23	18.68	100 K/Mn *	.84	35.44
K/N	.84	16.59	100 K/Zn	5.19	31.68
P/K	.08	21.47	100 K/Cu	33.77	72.38
K/P	12.62	22.09	100 K/B	16.19	34.97
Ca	2.67	22.14	100 Ca/Fe	1.04	40.67
Mg *	.63	19.20	100 Ca/Mn *	.57	46.76
N/Ca	1.88	33.49	100 Ca/Zn	3.43	43.14
N/Mg *	7.97	21.59	100 Ca/Cu	21.85	54.95
P/Ca	.13	38.54	100 Ca/B	10.71	43.51
P/Mg *	.54	25.74	100 Mg/Fe *	.24	37.47
K/Ca	1.57	37.37	100 Mg/Mn *	.13	45.84
K/Mg *	6.63	24.33	100 Mg/Zn	.80	35.64
Ca/Mg	4.50	25.10	100 Mg/Cu	5.32	64.86
Fe	307.90	46.27	100 Mg/B	2.50	35.00
Mn *	543.40	39.08	Fe/Mn	.78	115.83
Zn	86.68	39.59	Fe/Zn	4.65	104.14
Cu	15.62	47.63	Fe/Cu	29.39	84.15
B	27.5	33.01	Fe/B	15.66	96.90
100 N/Fe	1.89	42.50	Mn/Zn	6.41	29.57
100 N/Mn *	1.01	36.63	Mn/Cu *	51.84	83.12
100 N/Zn	6.33	33.79	Mn/B *	24.95	55.13
100 N/Cu	40.57	66.35	Cu/Zn	.22	73.96
100 N/B	19.47	34.36	Cu/B	.73	67.63
100 P/Fe	.13	43.61	Zn/B	3.05	70.20

* Diferencia Significativa $p < .05$

Cuadro 5. Medias concentración en las hojas de papa y coeficientes de variación para diferentes formas de expresión de nutrimentos en población de altos rendimientos (mayor o igual a 40 Ton/ha). Análisis total dos ciclos P-V 1996 y 1997.

Formas de expresión	Media	C.V.	Formas de expresión	Media	C.V.
N *	4.74	10.98	100 P/Mn	.08	95.58
P *	.32	17.41	100 P/Zn	.48	46.35
K	4.06	15.97	100 P/Cu *	2.63	69.87
N/P	14.72	13.47	100 P/B	1.59	69.62
P/N	.07	13.83	100 K/Fe *	1.93	50.43
N/K *	1.18	19.02	100 K/Mn *	1.08	98.84
K/N *	.87	16.97	100 K/Zn	5.96	48.75
P/K *	.08	21.03	100 K/Cu *	35.19	62.14
K/P *	12.80	22.04	100 K/B	20.15	82.84
Ca	2.64	27.00	100 Ca/Fe	1.26	69.28
Mg *	.61	18.64	100 Ca/Mn *	.65	54.97
N/Ca *	1.93	37.13	100 Ca/Zn *	3.76	53.87
N/Mg *	8.01	21.90	100 Ca/Cu *	21.61	49.59
P/Ca *	.13	41.46	100 Ca/B	12.49	63.32
P/Mg *	.55	25.91	100 Mg/Fe *	.27	47.66
K/Ca	1.66	39.91	100 Mg/Mn *	.15	69.10
K/Mg	6.96	25.17	100 Mg/Zn *	.85	39.86
Ca/Mg	4.53	26.51	100 Mg/Cu *	5.23	57.86
Fe *	270.72	51.17	100 Mg/B	2.87	58.72
Mn *	497.00	42.49	Fe/Mn	.80	135.43
Zn	81.25	41.36	Fe/Zn	4.31	103.35
Cu	14.63	45.67	Fe/Cu	26.22	86.97
B *	25.49	36.75	Fe/B *	14.59	94.64
100 N/Fe *	2.16	71.34	Mn/Zn	6.25	29.72
100 N/Mn	1.23	93.77	Mn/Cu *	46.66	82.70
100 N/Zn	6.88	45.24	Mn/B *	24.79	57.86
100 N/Cu *	40.89	58.89	Cu/Zn	.21	67.37
100 N/B	22.69	67.81	Cu/B	.76	71.83
100 P/Fe *	.15	50.36	Zn/B *	4.11	65.65

* Diferencia Significativa $p < .05$

4.1.4 Comparación de las normas DRIS con otras normas DRIS desarrolladas para papa

En el Cuadro 6 se presentan las normas DRIS para papa establecidas por diferentes autores y años. Meldal y Sumner (1980) determinaron las normas DRIS en Sudáfrica para N, P Y K y sus respectivas relaciones. Más tarde Mackay *et al.* (1987), establecieron las normas DRIS en Canadá para N, P, K, Ca y Mg con sus respectivas relaciones. En 1993 Navvabzdeh y Malakouti determinaron las normas DRIS en Iran para N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y B, sin considerar las relaciones entre dichos nutrimentos. En el Cuadro 6 también se observan las normas DRIS establecidas en este trabajo (García y Olivares), en donde se consideran los nutrimentos N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y B con todas sus posibles relaciones.

En este Cuadro 6 se observa como la media de N establecida en esta investigación estuvo un poco arriba de las normas desarrolladas por Meldal y Sumner (1980), Navvabzdeh y Malakouti (1993) y debajo de Mackay *et al.* (1987). Para P fueron menores que las desarrolladas por Meldal y Sumner (1980), y de Mackay *et al.* (1987) y mayores que Navvabzdeh y Malakouti (1993). En el caso de K estuvieron arriba de Mackay *et al.* (1987) y por debajo de Meldal y Sumner (1980) y Navvabzdeh y Malakouti (1993). Para Ca fueron mucho mayores que todas las desarrolladas anteriormente. Para Mg estuvieron por debajo de las normas desarrolladas por Navvabzdeh y Malakouti (1993) y Mackay *et al.* (1987) en suelos Boreales y arriba de Mackay *et al.* (1987) para suelos Espodosoles. En el caso de Fe, Mn y Zn estuvieron muy arriba de las medias establecidas por Navvabzdeh y Malakouti (1993), para Cu un poco arriba y con B fue el único elemento que se presentó debajo de dichas medias.

Cuadro 6. Medias y coeficientes de variación de las formas de expresión de nutrimentos para el cultivo de papa establecidas por diferentes autores.

Formas de expresión	Meldal y Sumner 1980 (745)*		Mackay et al. 1987 Boreales (1086)*		Espodosoles (1240)*		Navvabzdeh y Malakouti 1993 (50)*	García y Olivares (142)*	
	Media	C.V.	Media	C.V.	Media	C.V.	Media	Media	C.V.
N	4.28	15	6.05	09	6.38	07	4.50	4.74	11
P	0.39	37	0.57	22	0.48	15	0.30	0.32	19
K	5.27	27	3.62	17	3.72	19	5.00	4.06	16
N/P	12.7	15	11.1	19	13.4	13		14.73	13
P/N	0.09	42	0.093	19	0.07	12		0.07	14
N/K	0.87	31	1.71	17	1.79	24		1.19	19
K/N	1.25	30	0.603	17	0.58	21		0.87	17
P/K	0.07	42	0.162	30	0.13	26		0.08	25
K/P	15.06	42	6.78	32	7.88	27		12.80	22
Ca			0.94	20	0.90	23	1.50	2.65	27
Mg			0.68	20	0.36	43	0.65	0.61	18
N/Ca			6.62	18	7.56	31		1.93	37
N/Mg			9.28	21	20.6	35		8.01	22
P/Ca			0.623	28	0.58	38		0.13	46
P/Mg			0.885	35	1.57	37		0.56	25
K/Ca			3.98	24	4.47	36		1.66	40
K/Mg			5.53	23	12.4	44		6.96	25
Ca/Mg			1.42	18	2.82	33		4.53	10
Fe							150	271	51
Mn							50	497	42
Zn							40	81	41
Cu							11	15	46
B							38	25	37

* Numero de observaciones

Las diferencias de concentración del N en las normas DRIS establecidas, se pueden explicar debido a que los suelos de Canadá presentan mayor contenido de materia orgánica que los suelos de N. L. y Coahuila por lo que se refleja en una mayor concentración de este nutrimento. Para P, las bajas concentraciones encontradas en nuestra región y en Irán son debido a las condiciones alcalinas y alta presencia de carbonatos. Para K, las bajas concentraciones de este elemento son debidas a que en los suelos de Coahuila y Nuevo León, gran parte del K es fijada o convertida a una forma no disponible para la planta. Altas concentraciones de Ca son explicables debido a que las plantas tienden a absorber más cantidad de este elemento en suelos de origen calcáreo. Altas concentraciones de Mn, Zn

y Cu se pueden explicar debido a la aplicación excesiva de fungicidas en la región. Con respecto a una mayor concentración de Fe, se deba a que en Irán las condiciones calcáreas son mayores que nuestros suelos. Las bajas concentraciones de B, comparadas con las de Irán se deban a una mayor concentración de este elemento en el agua de riego de aquella región.

4.2 Diagnóstico nutricional regional

Con la información de rendimiento y análisis foliares de los dos ciclos, se realizaron diagnósticos nutricionales utilizando diferentes métodos estadísticos como el Análisis de Varianza, Correlación Simple y Componentes Principales. También se hicieron diagnósticos nutricionales utilizando únicamente la información de los análisis foliares, mediante los métodos de Rangos de Suficiencia y DRIS.

4.2.1 Diagnóstico nutricional por medio del Análisis de Varianza

Las concentraciones de nutrimentos obtenidos en los análisis foliares se compararon entre las poblaciones de altos y bajos rendimientos, utilizando el Análisis de Varianza. De esta forma es posible conocer cuales nutrimentos son diferentes significativamente entre dichas poblaciones y por lo tanto si están involucrados en la definición de altos rendimientos.

4.2.1.1 Ciclo P-V 1996

En el Cuadro 7, se presenta el nivel de significancia (p) y medias de concentración de nutrimentos en poblaciones de altos y bajos rendimientos ciclo P-V 1996.

Cuadro 7. Nivel de significancia observado (p) en el análisis de varianza y medias de concentración de los diferentes nutrientes evaluados en poblaciones de altos y bajos rendimientos. Ciclo P-V 1996.

Nutrimentos	Valores de p	Población	Población
		Rendimientos Bajos	Rendimientos Altos
N (%)	.028 *	4.11	4.56
P (%)	.022 *	.28	.34
K (%)	.836	4.37	4.32
Ca (%)	.398	2.79	2.59
Mg (%)	.072	.64	.57
Fe (ppm)	.843	177	182
Mn (ppm)	.760	407	389
Cu (ppm)	.319	14	12
Zn (ppm)	.376	77	68
B (ppm)	.002 *	30	20

* Diferencia Significativa $p < .05$

El análisis de varianza mostró diferencia significativa ($p < 0.05$) para los nutrientes N, P y B. En el caso de N y P las medias de concentración para altos rendimientos fueron mayores comparadas con la población de bajos rendimientos, en cambio para B las medias de concentración fueron menores en la población de altos rendimientos, indicando que bajas concentraciones de N y P, así como concentraciones altas de B, pudieran estar limitando el rendimiento del cultivo de papa en la región.

En el Cuadro 8, se presentan las relaciones significativas, los valores de p y las medias de concentración para cada relación en poblaciones de altos y bajos rendimientos en el ciclo P-V 1996. Sobresaliendo que bajas concentraciones de N y P, así como altas de B afectaron significativamente las relaciones en donde intervinieron estos nutrientes.

Cuadro 8. Relaciones significativas y medias de concentración para poblaciones de altos y bajos rendimientos. Ciclo P-V 1996.

Relaciones	Valores de p	Concentración	Concentración
		Rendimientos Bajos	Rendimientos Altos
100 Ca/B	.002	10.22	16.85
Cu/B	.006	.51	.84
Fe/B	.001	6.52	11.82
100 K/B	.001	16.33	30.21
K/P	.028	16.20	13.28
100 Mg/B	.004	2.42	3.90
Mn/B	.007	15.12	24.39
100 N/B	.000	15.59	31.11
N/Ca	.025	1.60	2.06
N/Mg	.005	6.68	8.15
100 P/B	.000	1.10	2.26
P/Ca	.011	.11	.15
P/K	.029	.07	.08
P/Mg	.007	.47	.60
100 P/Zn	.043	.44	.59
Zn/B	.017	2.84	4.01

4.2.1.2 Ciclo P-V 1997

En el Cuadro 9, se presenta el nivel de significancia (p) y medias de concentración de nutrimentos en poblaciones de altos y bajos rendimientos ciclo P-V 1997.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El análisis de varianza mostró diferencia significativa ($p < 0.05$) para los nutrimentos N, Mn y Mg. En el caso de N y Mn las medias de concentración para altos rendimientos fueron mayores comparadas con la población de bajos rendimientos, en cambio para Mg las medias de concentración fueron menores en la población de altos rendimientos, indicando que bajas concentraciones de N y Mn, así como altas de Mg, pudieran estar limitando el rendimiento de papa.

Cuadro 9. Nivel de significancia observado (p) en el análisis de varianza y medias de concentración de los diferentes nutrientes en poblaciones de altos y bajos rendimientos. Ciclo P-V 1997.

Nutrientos	Valores de p	Población Rendimientos Bajos	Población Rendimientos Altos
N (%)	.002 *	4.48	4.81
P (%)	.690	.31	.32
K (%)	.979	3.96	3.97
Ca (%)	.366	2.80	2.67
Mg (%)	.001 *	.75	.63
Fe (ppm)	.460	283	308
Mn (ppm)	.006 *	402	543
Cu (ppm)	.522	14.5	15.6
Zn (ppm)	.228	77	87
B (ppm)	.413	29	27

* Diferencia Significativa $p < .05$

En el Cuadro 10 se presentan las relaciones significativas, los valores de p y las medias de concentración en poblaciones de altos y bajos rendimientos, para el ciclo P-V 1997. Donde se aprecia que resultaron 12 relaciones significativas ($p < .05$), en donde sobresale que altas concentraciones de Mg, así como bajas concentraciones de N y Mn afectaron significativamente las relaciones en donde intervienen estos elementos nutritivos.

Cuadro 10. Relaciones significativas y medias de concentración para poblaciones de altos y bajos rendimientos. Ciclo P-V 1997.

Relaciones	Valores de p	Concentración Rendimientos Bajos	Concentración Rendimientos Altos
N/P	.040	14.28	15.08
N/ Mg	.000	6.23	7.97
100 N/Mn	.003	1.50	1.016
P/Mg	.001	.44	.54
100 P/Mn	.002	.10	.07
K/Mg	.003	5.48	6.63
100 K/Mn	.002	1.37	.84
100 Ca/Mn	.000	.95	.57
100 Mg/Mn	.000	.26	.13
100 Mg/Fe	.012	.32	.24
Mn/Cu	.019	31.55	51.84
Mn/B	.000	14.85	24.95

4.2.1.3 Análisis total de los dos ciclos

En el Cuadro 11, se presentan el nivel de significancia (p) y medias de concentración de nutrimentos en poblaciones de altos y bajos rendimientos del análisis total de los dos ciclos P-V 1996 y 1997.

Cuadro 11. Nivel de significancia observado (p) en el análisis de varianza y medias de concentración de los diferentes nutrimentos en poblaciones de altos y bajos rendimientos. Análisis total dos ciclos P-V 1996 y 1997.

Nutrimento	Valores de p	Población Rendimientos Bajos	Población Rendimientos Altos
N (%)	.000 *	4.25	4.74
P (%)	.014 *	.30	.32
K (%)	.243	4.22	4.06
Ca (%)	.239	2.79	2.65
Mg (%)	.005 *	.68	.61
Fe (ppm)	.017 *	217	270
Mn (ppm)	.011 *	405	497
Cu (ppm)	.636	14.0	14.6
Zn (ppm)	.499	77	81
B (ppm)	.011 *	30	25

* Diferencia Significativa $p < .05$

El análisis de varianza mostró diferencia significativa ($p < 0.05$) para N, P, Mg, Fe, Mn y B. En el caso de N, P, Fe y Mn las medias de concentración para altos rendimientos fueron mayores comparadas con la población de bajos rendimientos, en cambio para Mg y B las medias de concentración fueron menores en la población de altos rendimientos, indicando que bajas concentraciones de N, P, Fe y Mn, así como altas concentraciones de Mg y B pudieran estar limitando el rendimiento del cultivo de papa en la región.

En el Cuadro 12, se presentan las relaciones significativas, los valores de p y las medias de concentración en poblaciones de altos y bajos rendimientos, para el análisis total de los dos ciclos P-V 1996 y 1997. Donde se aprecia que resultaron 28 relaciones significativas ($p < .05$), en donde sobresale que altas

4.2.3 Diagnóstico nutricional por medio de Componentes Principales

La técnica multivariada de Componentes Principales permite reducir la información de p variables a un grupo de q variables ($q < p$), formando componentes mediante la combinación lineal de las p variables. De esta forma una nueva variable agrupa la información de varias variables originales que tienen características comunes, y es posible detectar nuevas relaciones entre variables que no se pueden identificar con otros métodos.

4.2.3.1 Ciclo P-V 1996

En el Cuadro 17 se presentan los coeficientes de correlación entre los componentes principales y las concentraciones de nutrimentos en hojas de papa; y coeficientes de regresión y nivel de significancia que explican la relación entre los componentes principales y el rendimiento del ciclo P-V 1996. El análisis de componentes principales identificó 4 componentes con eigenvalores mayores que 1, los cuales explicaron en un 70.62% la varianza total de los datos. El Componente Principal 1 contrasta al N, P y K con el Ca y B (Cuadro 14). Encontrándolo significativo en el análisis de regresión múltiple con coeficiente positivo, lo que indica que concentraciones altas de N, P y K y bajas de Ca y B están asociadas con altos rendimientos. El CP 3 está relacionado con Ca y Cu en forma positiva, y el coeficiente de regresión resultó negativo y significativo, lo que indica que niveles altos de Ca y Cu están asociados con bajos rendimientos. El Componente Principal 4, está positivamente correlacionado con el Fe y el coeficiente de regresión resultó negativo, lo que indica que niveles altos de Fe en el tejido vegetal están asociados con niveles bajos de rendimiento. En general, en este ciclo se observó que niveles altos de N, P y K y bajos niveles de Ca, B, Fe y Cu estuvieron asociados con altos rendimientos.

Cuadro17. Coeficientes de correlación entre los componentes principales y las concentraciones de nutrimentos en hojas de papa; coeficientes de regresión y nivel de significancia que explican la relación entre los componentes principales y el rendimiento. Ciclo P-V 1996.

	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn	B	β_i	p
C1	.874	.733	.658	-.588	-.046	.231	-.019	-.044	-.044	-.363	2.89	.00
C2	-.002	.153	-.131	.199	.496	-.134	.882	-.006	.883	.300	-.70	.39
C3	-.138	-.296	.295	.584	.391	-.068	-.225	.794	.164	.130	-1.64	.04
C4	.022	-.263	.192	-.085	.106	.860	.155	.008	-.198	.675	-2.45	.00

4.2.3.2 Ciclo P-V 1997

En el Cuadro 18 se presentan los coeficientes de correlación entre los componentes principales y las concentraciones de nutrimentos en hojas de papa; y coeficientes de regresión y nivel de significancia que explican la relación entre los Componentes Principales y el rendimiento del ciclos P-V 1997. El análisis de componentes principales identificó 5 componentes con eigenvalores mayores que 1, los cuales explicaron en un 75.10 % la varianza total de los datos. El Componente Principal 1 contrasta al Zn y Mn (Cuadro 18). Este componente resultó significativo en el análisis de regresión múltiple con coeficiente positivo, lo que indica que concentraciones altas de Zn y Mn están asociadas con altos rendimientos. El Componente Principal 4, está positivamente correlacionado con el Mg y B y el coeficiente de regresión resultó negativo, lo que indica que niveles altos Mg y B en el tejido vegetal están asociados con niveles bajos de rendimiento. El Componente Principal 5 se encontró significativo en el análisis de regresión múltiple con coeficiente positivo para el Cu, lo que indica que niveles altos de Cu están asociados con altos rendimientos. En general, en este ciclo se observó que niveles altos de Mn, Zn y Cu y bajos niveles de Mg y B estuvieron asociados con altos rendimientos.

Cuadro18. Coeficientes de correlación entre los componentes principales y las concentraciones de nutrimentos en hojas de papa, coeficientes de regresión y nivel de significancia que explican la relación entre los componentes principales y el rendimiento. Ciclo P-V 1997.

	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn	B	β	p
C1	.257	-.232	.100	-.123	-.309	-.036	.838	-.015	.837	.241	2.45	.00
C2	-.379	-.445	.234	.796	.109	.768	-.068	-.065	-.062	-.007	1.21	.18
C3	.720	.685	.732	-.118	-.020	-.013	-.035	-.065	.261	-.040	.005	.99
C4	-.105	.195	-.167	.309	.767	.170	.216	.023	-.292	.787	-3.86	.00
C5	-.042	.195	-.167	.309	-.192	-.089	-.139	.941	.130	.187	2.16	.02

4.2.3.3 Análisis total de los dos ciclos

En el Cuadro 19 se presentan los coeficientes de correlación entre los componentes principales y las concentraciones de nutrimentos en hojas de papa; y coeficientes de regresión y nivel de significancia que explican la relación entre los componentes principales y el rendimiento del análisis total de los dos ciclos. El análisis de Componentes Principales identificó 4 componentes con eigenvalores mayores que 1, los cuales explicaron en un 64.20 % la varianza total de los datos. El análisis de componentes principales para los datos totales presentó tendencias similares a los resultados obtenidos en el análisis de los ciclos individuales. El Componente Principal 1 considera al N, P y K con coeficientes positivos, contrastando al Ca y B con coeficientes negativos. El análisis de regresión relacionó positivamente a este componente con el rendimiento, lo que indica que niveles altos de N, P y K y niveles bajos de Ca y B en el tejido vegetal están asociados con altos rendimientos. El Componente Principal 3 está relacionado positivamente con el Mg y Fe y en el análisis de regresión mostró una relación negativa con el rendimiento, indicando que niveles altos de estos elementos están relacionados con bajos rendimientos. El Componente Principal 4 está relacionado al Cu positivamente con el rendimiento, lo que indica que niveles altos de Cu en el tejido vegetal están relacionados con altos rendimientos.

Cuadro 19. Coeficientes de correlación entre los componentes principales y las concentraciones de nutrimentos en hojas de papa; y coeficientes de regresión y nivel de significancia que explican la relación entre los componentes principales y el rendimiento. Análisis total de los dos ciclos.

	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn	B	β	p
C1	.878	.797	.401	-.696	-.071	.090	.049	-.139	.018	-.272	2.32	.00
C2	.104	.040	-.057	-.020	-.020	-.121	.882	.029	.875	.321	.580	.39
C3	.067	-.087	-.032	.122	.758	.721	.164	.075	-.178	.530	-.648	.01
C4	.160	.035	-.157	.319	-.131	.268	-.151	.903	.200	-.018	2.54	.00

El diagnóstico nutricional realizado por medio de Componentes Principales en el total de los dos ciclos, indicó que concentraciones altas de N, P, K y Cu, así como bajas de Ca, Mg, Fe y B estuvieron asociados con altos rendimientos.

4.2.4 Diagnóstico nutricional por medio de Rangos de Suficiencia en papa

El método clásico para realizar diagnósticos nutricionales en cultivos es el de rangos de suficiencia, el cual consiste en comparar los niveles de concentración de nutrimentos de las hojas obtenidos en el análisis foliar con rangos de suficiencia establecidos para dicho cultivo

4.2.4.1 Ciclo P-V 1996 (Reuter y Robinson, 1986)

La concentración de nutrimentos obtenidos en los análisis foliares de las 72 muestras estudiadas en el ciclo P-V 1996 se clasificaron de acuerdo a los rangos de suficiencia establecidos para papa por Reuter y Robinson (1986). En el Cuadro 20, se presenta el número de muestras para cada nutrimento que tuvieron concentraciones por debajo del valor menor del rango de suficiencia (concentraciones bajas), así como las muestras que estuvieron dentro del rango de suficiencia (concentraciones adecuadas) y por arriba del valor mayor del rango de suficiencia (concentraciones altas).

Cuadro 20. Número de muestras con concentraciones bajas, adecuadas y altas para cada nutrimento de acuerdo a los rangos de suficiencia para papa, establecidos por Reuter y Robinson (1986). Ciclo P-V 1996.

Nutrimentos	Concentraciones Bajas	Concentraciones Adecuadas	Concentraciones Altas	Rangos de Suficiencia Reuter y Robinson 1986
N	9	63		3.50-5.50 %
P	35	37		0.30-0.45 %
K	42	30		4.50-6.50 %
Ca		22	50	1.20-2.50 %
Mg		68	4	0.26-0.82 %
Fe		18	54	70-150 ppm
Mn		14	58	50-300 ppm
Zn			72	15-30 ppm
Cu		68	4	6-20 ppm
B	6	66		20-50 ppm

El diagnóstico nutricional mostró que en algunas muestras se encontraron concentraciones bajas de N, P, K y B, destacando el caso del K, el cual presentó concentraciones bajas en más de la mitad de las muestras, seguido muy de cerca por el P, con casi la mitad de las muestras. Los elementos que estuvieron por arriba del rango de suficiencia en la mayoría de las muestras fueron Zn, Mn, Fe y Ca, en donde destaca el Zn, el cual tuvo concentraciones altas en todas las muestras. Los nutrimentos que presentaron concentraciones dentro del rango de suficiencia en la mayoría de las muestras fueron Mg, Cu, B y N.

4.2.4.2 Ciclo P-V 1996 (Walwort y Muñiz, 1993)

La concentración de nutrimentos obtenidos en los análisis foliares de las 72 muestras estudiadas en el ciclo P-V 1996 también se clasificaron de acuerdo a los rangos de suficiencia establecidos para papa por Walwort y Muñiz (1993). En el Cuadro 21, se presenta el número de muestras para cada nutrimento que tuvieron concentraciones por debajo del menor valor del rango de suficiencia (concentraciones bajas), así como las muestras que estuvieron dentro del rango de suficiencia (concentraciones adecuadas) y por arriba del valor mayor del rango de suficiencia (concentraciones altas).

Cuadro 21. Número de muestras con concentraciones bajas, adecuadas y altas para cada nutrimento de acuerdo a los rangos de suficiencia para papa, establecidos por Walwort y Muñiz (1993). Ciclo P-V 1996.

Nutrimentos	Concentraciones Bajas	Concentraciones Adecuadas	Concentraciones Altas	Rangos de Suficiencia Walwort y Muñiz 1993
N	18	54		4.10-6.00 %
P	38	34		0.31-0.50 %
K	10	59	3	3.60-5.50 %
Ca		22	50	.60-2.50 %
Mg		67	5	0.50-0.80 %
Fe		60	12	70-250 ppm
Mn			72	21-200 ppm
Zn		19	53	21-70 ppm
Cu		72		6-30 ppm
B		61	11	15-39 ppm

El diagnóstico nutricional mostró que en algunas muestras se encontraron concentraciones bajas de N, P y K, destacando el caso del P, el cual presentó concentraciones bajas en más de la mitad de las muestras. Los elementos que estuvieron por arriba del rango de suficiencia en la mayoría de las muestras fueron Mn, Zn y Ca, en donde destaca el Mn, el cual tuvo concentraciones altas en todas las muestras. Los nutrimentos que presentaron concentraciones dentro del rango de suficiencia en la mayoría de las muestras fueron Cu, Mg, B, Fe, K y N, en donde destaca el Cu, el cual tuvo concentraciones adecuadas en todas las muestras.

4.2.4.3 Ciclo P-V 1997 (Reuter y Robinson, 1986)

La concentración de nutrimentos obtenidos en los análisis foliares de las 70 muestras estudiadas en el ciclo P-V 1997 se clasificaron de acuerdo a los rangos de suficiencia establecidos para papa por Reuter y Robinson (1986). En el Cuadro 22, se presenta el número de muestras para cada nutrimento que tuvieron concentraciones por debajo del menor valor del rango de suficiencia (concentraciones bajas), así como las muestras que estuvieron dentro del rango de suficiencia (concentraciones adecuadas) y por arriba del valor mayor del rango de suficiencia (concentraciones altas).

Cuadro 22. Número de muestras con concentraciones bajas, adecuadas y altas para cada nutrimento de acuerdo a los rangos de suficiencia para papa establecidos por Reuter y Robinson (1986). Ciclo P-V 1997.

Nutrientos	Concentraciones Bajas	Concentraciones Adecuadas	Concentraciones Altas	Rangos de Suficiencia Reuter y Robinson 1986
N	1	69		3.50-5.50 %
P	13	57		0.30-0.45 %
K	59	11		4.50-6.50 %
Ca		4	66	1.20-2.50 %
Mg		58	12	0.26-0.82 %
Fe			70	70-150 ppm
Mn		12	58	50-300 ppm
Zn			70	15-30 ppm
Cu		66	4	6-20 ppm
B		70		20-50 ppm

El diagnóstico nutricional mostró que en algunas muestras se encontraron concentraciones bajas de N, P y K, destacando el caso del K, el cual presentó concentraciones bajas en más de la mitad de las muestras. Los elementos que estuvieron por arriba del rango de suficiencia en la mayoría de las muestras fueron Zn, Fe, Ca y Mn, en donde destacan Zn y Fe, los cuales tuvieron concentraciones altas en todas las muestras. Los nutrimentos que presentaron concentraciones dentro del rango de suficiencia en la mayoría de las muestras fueron B, N, Cu, Mg y P, en donde destaca el B, el cual tuvo concentraciones adecuadas en todas las muestras, seguido muy de cerca por N y Cu.

4.2.4.4 Ciclo P-V 1997 (Walwort y Muñiz, 1993)

La concentración de nutrimentos obtenidos en los análisis foliares de las 70 muestras estudiadas en el ciclo P-V 1997 se clasificaron de acuerdo a los rangos de suficiencia establecidos para papa por Walwort y Muñiz (1993). En el Cuadro 23, se presenta el número de muestras para cada nutrimento que tuvieron concentraciones por debajo del menor valor del rango de suficiencia (concentraciones bajas), así como las muestras que estuvieron dentro del rango de suficiencia (concentraciones adecuadas) y por arriba del valor mayor del rango de suficiencia (concentraciones altas).

Cuadro 23. Número de muestras con concentraciones bajas, adecuadas y altas para cada nutrimento de acuerdo a los rangos de suficiencia para papa establecidos por Walwort y Muñiz (1993), Ciclo P-V 1997.

Nutrimentos	Concentraciones Bajas	Concentraciones Adecuadas	Concentraciones Altas	Rangos de Suficiencia Walwort y Muñiz 1993
N	5	65		4.10-6.00 %
P	20	50		0.31-0.50 %
K	3	67		3.60-5.50 %
Ca		4	66	.60-2.50 %
Mg		58	12	0.50-0.80 %
Fe		24	46	70-250 ppm
Mn		1	69	21-200 ppm
Zn			70	21-70 ppm
Cu		70		6-30 ppm
B		61	9	15-39 ppm

El diagnóstico nutricional mostró que en algunas muestras de encontraron concentraciones bajas de N, P y K, destacando el caso del P, el cual presentó concentraciones bajas en 20 muestras. Los elementos que estuvieron por arriba del rango de suficiencia en la mayoría de las muestras fueron Zn, Mn, Ca y Fe, en donde destaca el Zn, el cual tuvo concentraciones altas en todas las muestras. Los nutrimentos que presentaron concentraciones dentro del rango de suficiencia en la mayoría de las muestras fueron Cu, K, N, B, y Mg, en donde destaca el Cu, el cual tuvo concentraciones adecuadas en todas las muestras.

4.2.4.5 Análisis total de los dos ciclos (Reuter y Robinson, 1986)

La concentración de nutrimentos obtenidos en los análisis foliares de las 142 muestras estudiadas en el análisis total de los dos ciclos, se clasificaron de acuerdo a los rangos de suficiencia establecidos para papa por Reuter y Robinson (1986). En el Cuadro 24, se presenta el número de muestras para cada nutrimento que tuvieron concentraciones por debajo del menor valor del rango de suficiencia (concentraciones bajas), así como las muestras que estuvieron dentro del rango de suficiencia (concentraciones adecuadas) y por arriba del valor mayor del rango de suficiencia (concentraciones altas).

Cuadro 24. Número de muestras con concentraciones bajas, adecuadas y altas para cada nutrimento de acuerdo a los rangos de suficiencia para papa establecidos por Reuter y Robinson (1986). Análisis total de los dos ciclos.

Nutrimentos	Concentraciones Bajas	Concentraciones Adecuadas	Concentraciones Altas	Rangos de Suficiencia Reuter y Robinson 1986
N	10	132		3.50-5.50 %
P	48	94		0.30-0.45 %
K	101	41		4.50-6.50 %
Ca		26	116	1.20-2.50 %
Mg		126	16	0.26-0.82 %
Fe		18	124	70-150 ppm
Mn		26	116	50-300 ppm
Zn			142	15-30 ppm
Cu		134	8	6-20 ppm
B	6	136		20-50 ppm

El diagnóstico nutricional mostró que en algunas muestras se encontraron concentraciones bajas de N, P, K y B, destacando el caso del K, el cual presentó concentraciones bajas en más de 100 muestras, seguido por el P, con casi 50 muestras. Los elementos que estuvieron por arriba del rango de suficiencia en la mayoría de las muestras fueron Zn, Fe, Mn y Ca, en donde destaca el Zn, el cual tuvo concentraciones altas en todas las muestras. Los nutrimentos que presentaron concentraciones dentro del rango de suficiencia en la mayoría de las muestras fueron B, Cu, N y Mg.

4.2.4.6 Análisis total de los dos ciclos (Walwort y Muñiz, 1993)

La concentración de nutrimentos obtenidos en los análisis foliares de las 142 muestras estudiada en el análisis total de los dos ciclos, se clasificaron de acuerdo a los rangos de suficiencia establecidos para papa por Walwort y Muñiz (1993). En el Cuadro 25, se presenta el número de muestras para cada nutrimento que tuvieron concentraciones por debajo del menor valor del rango de suficiencia (concentraciones bajas), así como las muestras que estuvieron dentro del rango de suficiencia (concentraciones adecuadas) y por arriba del valor mayor del rango de suficiencia (concentraciones altas).

Cuadro 25. Número de muestras con concentraciones bajas, adecuadas y altas para cada nutrimento de acuerdo a los rangos de suficiencia para papa establecidos por Walwort y Muñiz (1993). Análisis total de los dos ciclos.

Nutrimentos	Concentraciones Bajas	Concentraciones Adecuadas	Concentraciones Altas	Rangos de Suficiencia Walwort y Muñiz 1993
N	23	119		4.10-6.00 %
P	58	84		0.31-0.50 %
K	13	129	3	3.60-5.50 %
Ca		26	116	.60-2.50 %
Mg		125	17	0.50-0.80 %
Fe		84	58	70-250 ppm
Mn		1	141	21-200 ppm
Zn		19	123	21-70 ppm
Cu		142		6-30 ppm
B		122	20	15-39 ppm

El diagnóstico nutricional mostró que en algunas muestras se encontraron concentraciones bajas de N, P y K, destacando el caso del P, el cual presentó concentraciones bajas en 58 muestras. Los elementos que estuvieron por arriba del rango de suficiencia en la mayoría de las muestras fueron Mn, Zn y Ca, en donde destaca el Mn, el cual tuvo concentraciones altas en casi todas las muestras. Los nutrimentos que presentaron concentraciones dentro del rango de suficiencia en la mayoría de las muestras fueron Cu, K, Mg, B, N y Fe, en donde destaca el Cu, el cual tuvo concentraciones adecuadas en todas las muestras.

En forma general para el análisis total de los dos ciclos, el diagnóstico nutricional utilizando los rangos de suficiencia establecidos para el cultivo de papa por Reuter y Robinson (1986), indica que se presentaron deficiencias de N, P, K y B en ese orden. Los elementos que estuvieron por arriba del rango de suficiencia en la mayoría de las muestras fueron Zn, Fe, Mn y Ca,. Los nutrimentos que presentaron concentraciones dentro del rango de suficiencia en la mayoría de las muestras fueron B, Cu, N y Mg.

En forma general para el análisis total de los dos ciclos, el diagnóstico nutricional utilizando los rangos de suficiencia establecidos para el cultivo de papa por Walwort y Muñiz (1993), indica que se presentaron deficiencias de P, N, y K en

ese orden. Los elementos que estuvieron por arriba del rango de suficiencia en la mayoría de las muestras fueron Mn, Zn y Ca,. Los nutrimentos que presentaron concentraciones dentro del rango de suficiencia en la mayoría de las muestras fueron Cu, K, Mg, B, N y Fe.

4.2.5 Diagnóstico nutricional por medio del DRIS

Beaufils (1973), desarrolló el método denominado Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS), con la finalidad de obtener un diagnóstico nutricional más preciso y completo, ya que clasifica en orden de importancia los nutrimentos que requiere la planta, toma en cuenta su interacción, el balance nutricional y detecta deficiencias y excesos relativos.

4.2.5.1 Ciclo P-V 1996

A los resultados obtenidos en los análisis foliares de cada muestra, se les sometió a un análisis DRIS, utilizando las normas obtenidas en el ciclo P-V de 1996.

En el Cuadro A2, se presenta la concentración de nutrimentos en el tejido vegetal, índices DRIS, orden de requerimiento nutricional, índice de desbalance nutricional (IDN) y rendimiento para cada una de las muestras tomadas durante el ciclo P-V 1996.

En este Cuadro A2 se observa con respecto a la concentración de nutrimentos en la hoja como el N varió desde 2.66 a 5.19 %, P de .15 a .40 %, K de 3.07 a 5.73 %, Ca de 2.03 a 4.10 %, Mg de .46 a .94 %, Fe de 73 a 343 ppm, Mn de 219 a 695 ppm, Cu de 8 a 26 ppm, Zn de 54 a 175 ppm y B de 15 a 48 ppm.

Con respecto a los índices DRIS, el mayor índice negativo de N fue de -32.21 y el mayor índice positivo fue de $+0.81$, el mayor índice negativo de P fue de -36.63 y el mayor índice positivo fue de $+1.33$, el mayor índice negativo de K fue de -24.04 y el mayor índice positivo fue de $+6.10$, el mayor índice negativo de Ca fue de -9.57 y el mayor índice positivo fue de $+15.25$, el mayor índice negativo de Mg fue de -9.43 y el mayor índice positivo fue de $+20.34$, el mayor índice negativo de Fe fue de -28.65 y el mayor índice positivo fue de $+14.70$, el mayor índice negativo de Zn fue de -9.81 y el mayor índice positivo fue de $+33.21$, el mayor índice negativo de Cu fue de -15.29 y el mayor índice positivo fue de $+30.74$, el mayor índice negativo de B fue de -0.39 y el mayor índice positivo fue de $+39.18$.

La media general de los índices fue para N de -8.29 , P -12.21 , K -3.99 , Ca $+0.20$, Mg $+1.62$, Fe -1.00 , Mn $+1.31$, Cu $+4.75$, Zn $+6.43$ y B $+11.25$. En base a estos resultados el orden de requerimiento nutricional para el cultivo de papa en el ciclo P-V 1996 fue: $P > N > K > Fe > Ca > Mn > Mg > Cu > Zn > B$.

El diagnóstico realizado por medio de las medias de los índices DRIS mostró que los elementos más limitantes (índices más negativos) de acuerdo al orden de requerimiento nutricional del cultivo de papa fueron: P, seguido de N, luego K, posteriormente Fe. Los índices más positivos (excesos relativos) fueron primeramente B, seguido del Zn, luego Cu, posteriormente Mg, enseguida el Mn y al final Ca.

En el Cuadro 26, se presenta el número de muestras del total de 72 para cada nutrimento en donde ocupa el primer lugar con deficiencia y exceso relativo de acuerdo al orden de requerimiento para cada muestra.

El diagnóstico realizado por medio del número de muestras del total de 72 para cada nutrimento en donde ocupa el primer lugar con deficiencia y exceso relativo de acuerdo al orden de requerimiento para cada muestra mostró similitud con el obtenido por las medias de los índices siendo el siguiente: $P > N > K > Fe > Ca > Mg > Mn > Cu > Zn > B$.

Cuadro 26. Número de muestras del total de 72 con deficiencia y exceso relativo de acuerdo al orden de requerimiento para cada muestra. Ciclo P-V 1996.

Nutrientos	No. de muestras con deficiencias	No. de muestras con excesos relativos
N	12	
P	39	
K	10	
Ca		1
Mg		3
Fe	7	1
Mn	2	5
Zn		22
Cu	2	8
B		32

Una medida del balance nutrimental total puede ser obtenida al sumar los índices sin considerarse el signo. Este parámetro se denomina índices de desbalance nutrimental (IDN). Datos reportados por Meyer (1975), Davee et al. (1986) y otros investigadores demuestran cierta relación entre la magnitud del IDN y el rendimiento.

En el Cuadro A2 también se observa que el IDN menor se presentó en la muestra 58 con 17.46 y con un rendimiento alto de 45 Ton/ha. y el IDN mayor fue para la muestra 70 con 141.80 y un rendimiento bajo de 20 Ton/ha.

Para establecer la relación entre el IDN y el rendimiento se realizó un análisis de regresión lineal simple. En la Figura 1A se muestra una función lineal entre dichas variables, en la cuál se observa que el rendimiento obtenido decrece conforme el IDN se incrementa. El coeficiente de determinación (R^2) fue de .51 lo cual indica que el 51 % de la variación en rendimiento se debe al desbalance nutricional. El modelo de regresión estimado fue : $Y = 45.538 - 0.169 (\text{IDN})$.

4.2.5.2 Ciclo P-V 1997

En el Cuadro A3, se presenta la concentración de nutrimentos en el tejido vegetal, índices DRIS, orden de requerimiento nutricional, índice de desbalance nutricional (IDN) y rendimiento para cada una de las muestras tomadas durante el ciclo P-V 1997.

En este Cuadro A3 se observa con respecto a la concentración de nutrimentos en la hoja como el N varió desde 3.41 a 5.82 %, P de .24 a .41 %, K de 3.04 a 5.09 %, Ca de 2.24 a 4.25 %, Mg de .58 a 1.04 %, Fe de 157 a 394 ppm, Mn de 200 a 665 ppm, Cu de 11 a 30 ppm, Zn de 60 a 144 ppm y B de 20 a 49 ppm.

Con respecto a los índices DRIS, el mayor índice negativo de N fue de -13.75 y el mayor índice positivo fue de +5.79, el mayor índice negativo de P fue de -11.34 y el mayor índice positivo fue de +5.58, el mayor índice negativo de K fue de -7.92 y el mayor índice positivo fue de +13.64, el mayor índice negativo de Ca fue de -7.74 y el mayor índice positivo fue de +13.26, el mayor índice negativo de Mg fue de -3.86 y el mayor índice positivo fue de +27.53, el mayor índice negativo de Fe fue de -25.05 y el mayor índice positivo fue de +9.37, el mayor índice negativo de Zn fue de -6.98 y el mayor índice positivo fue de +30.75, el mayor índice negativo de Cu fue de -3.44 y el mayor índice positivo fue de +20.46, el mayor índice negativo de B fue de -5.15 y el mayor índice positivo fue de +22.57

La media general de los índices fue para N de -4.05, P -1.77, K +1.75, Ca +1.98, Mg +5.22, Fe -4.60, Mn -6.86, Cu +3.04, Zn +1.97 y B +3.53. En base a estos resultados el orden de requerimiento nutricional para el cultivo de papa en el ciclo P- V 1997 fue: Mn>Fe>N>P>K>Zn>Ca>Cu>B>Mg

El diagnóstico realizado por medio de las medias de los índices DRIS mostró que los elementos mas limitantes (índices más negativos) de acuerdo al

orden de requerimiento nutricional del cultivo de papa fueron: Mn, seguido de Fe, luego N, posteriormente P. Los índices más positivos (excesos relativos) fueron primeramente Mg, seguido del B, luego Cu, posteriormente Ca, enseguida el Zn y al final K.

En el Cuadro 27, se presenta el número de muestras del total de 70 para cada nutrimento en donde ocupa el primer lugar con deficiencia y exceso relativo de acuerdo al orden de requerimiento para cada muestra.

Cuadro 27. Número de muestras del total de 70 con deficiencia y exceso relativo de acuerdo al orden de requerimiento para cada muestra. Ciclo P-V 1997.

Nutrientos	No. de muestras Con deficiencias	No. de muestras con excesos relativos
N	21	1
P	7	2
K		4
Ca		9
Mg		25
Fe	8	1
Mn	34	6
Zn		8
Cu		6
B		8

El diagnóstico realizado por medio del número de muestras del total de 72 para cada nutrimento en donde ocupa el primer lugar con deficiencia y exceso relativo de acuerdo al orden de requerimiento para cada muestra mostró similitud con el obtenido por las medias de los índices DRIS siendo el siguiente: Mn>N>Fe>P>K>Cu>B>Zn>Ca>Mg.

En el Cuadro A3 se observa que el IDN menor se presentó en la muestra 7 con 12.02 y con un rendimiento alto de 46 Ton/ha. y el IDN mayor fue para la muestra 19 con 169.22 y un rendimiento bajo de 13.90 Ton/ha.

Para establecer la relación entre el IDN y el rendimiento se realizó un análisis de regresión lineal simple. En la Figura 2A se muestra una función lineal entre dichas variables, en la cuál se observa que el rendimiento obtenido decrece

conforme el IDN se incrementa. El coeficiente de determinación (R^2) fue de .70 lo cual indica que el 70 % de la variación en rendimiento se debe al desbalance nutricional. El modelo de regresión estimado fue: $Y = 49.79 - 0.243 (IDN)$.

4.2.5.3 Análisis total de los dos ciclos

En los Cuadros A2 y A3, se presentan la concentración de nutrimentos en el tejido vegetal, índices DRIS, orden de requerimiento nutricional, índice de desbalance nutricional (IDN) y rendimiento para cada una de las muestras tomadas durante el ciclo P-V 1996 y 1997.

En este cuadro se observa con respecto a la concentración de nutrimentos en la hoja como el N varió desde 2.66 a 5.82 %, P de .15 a .41 %, K de 3.04 a 5.73 %, Ca de 2.03 a 4.25 %, Mg de .46 a 1.04 %, Fe de 73 a 394 ppm, Mn de 200 a 665 ppm, Cu de 8 a 30 ppm, Zn de 54 a 175 ppm y B de 15 a 49 ppm.

Con respecto a los índices DRIS, el mayor índice negativo de N fue de -32.21 y el mayor índice positivo fue de +5.79, el mayor índice negativo de P fue de -36.63 y el mayor índice positivo fue de +5.58, el mayor índice negativo de K fue de -24.04 y el mayor índice positivo fue de +13.64, el mayor índice negativo de Ca fue de -9.57 y el mayor índice positivo fue de +15.25, el mayor índice negativo de Mg fue de -9.43 y el mayor índice positivo fue de +27.53, el mayor índice negativo de Fe fue de -28.65 y el mayor índice positivo fue de +14.70, el mayor índice negativo de Zn fue de -9.81 y el mayor índice positivo fue de +33.21, el mayor índice negativo de Cu fue de -15.29 y el mayor índice positivo fue de +30.74, el mayor índice negativo de B fue de -5.15 y el mayor índice positivo fue de +39.18.

La media general de los índices fue para N de -6.20, P -7.06, K -1.16, Ca +1.08, Mg +3.39, Fe -2.77, Mn -2.72, Cu +3.91, Zn +4.24 y B +7.44. En base a estos resultados el orden de requerimiento nutricional para el cultivo de papa en el análisis total de los dos ciclos fue: $P > N > Fe > Mn > K > Ca > Mg > Cu > Zn > B$.

El diagnóstico realizado por medio de las medias de los índices DRIS mostró que los elementos más limitantes (índices más negativos) de acuerdo al orden de requerimiento nutricional del cultivo de papa fueron: P, seguido de N, luego Fe, posteriormente Mn y K. Los índices más positivos (excesos relativos) fueron primeramente B, seguido del Zn, luego Cu, posteriormente Mg y al final Ca.

En el Cuadro 28, se presenta el número de muestras del total de 142 para cada nutrimento en donde ocupa el primer lugar con deficiencia y exceso relativo de acuerdo al orden de requerimiento para cada muestra.

Cuadro 28. Número de muestras del total de 142 con deficiencia y exceso relativo de acuerdo al orden de requerimiento para cada muestra. Análisis total de los dos ciclos.

Nutrimentos	No de muestras Con deficiencias	No de muestras con excesos relativos
N	33	1
P	46	2
K	10	4
Ca		10
Mg		28
Fe	15	2
Mn	36	11
Zn		30
Cu	2	14
B		40

El diagnóstico realizado por medio del número de muestras del total 142, para cada nutrimento en donde ocupa el primer lugar con deficiencia y exceso relativo de acuerdo al orden de requerimiento para cada muestra mostró casi similitud con el obtenido por las medias de los índices DRIS siendo el siguiente: P>Mn>N>Fe>K>Ca>Cu>Mg>Zn>B

En los Cuadros A2 y A3 se observa que el IDN menor se presentó en la muestra 121 con 12.02 y con un rendimiento alto de 46 Ton/ha. y el IDN mayor fue para la muestra 91 con 169.22 y un rendimiento bajo de 13.90 Ton/ha.

Para establecer la relación entre el IDN y el rendimiento se realizó un análisis de regresión lineal simple. En la Figura 3A se muestra una función lineal entre dichas variables, en la cuál se observa que el rendimiento obtenido decrece conforme el IDN se incrementa. El coeficiente de determinación (R^2) fue de .62 lo cual indica que el 62 % de la variación en rendimiento se debe al desbalance nutricional. El modelo de regresión estimado fue : $Y = 47.759 - 0.200 (IDN)$.

4.2.6 Discusión sobre del diagnóstico nutricional regional por diferentes métodos

En el Cuadro 29, se presenta un resumen de los resultados obtenidos en el diagnóstico regional utilizando el Análisis de Varianza, Correlación Simple, Componentes Principales, Rangos de Suficiencia y DRIS para cada ciclo y total. En el ciclo P-V 1996, el Análisis de Varianza y Correlación Simple detectaron los mismos nutrimentos deficientes (N y P), sin embargo el análisis de Correlación Simple fue más eficiente al detectar relaciones funcionales negativas entre el rendimiento y las concentraciones de Cu y Ca. El análisis de Componentes Principales incluyó al N y P como deficientes, pero además detectó también al K y en cuanto a los nutrimentos con concentraciones altas incluyó al Fe, por lo que se considera más eficiente que el análisis de Correlación Simple. El diagnóstico nutricional utilizando Rangos de Suficiencia, determinó los mismos elementos deficientes que el análisis de Componentes Principales, sin embargo difirió con algunos nutrimentos con concentraciones altas. Las mismas tendencias fueron encontradas para el ciclo P-V 1997 y análisis total de los dos ciclos. En cuanto al diagnóstico realizado por medio del DRIS se identificó al N, P, K y Fe como deficientes y con concentraciones altas a los nutrimentos Ca, B, Mg, Zn, Mn y Cu. Para el ciclo P-V 1997 se determinó al Mn, N, P, K y Fe como deficientes y con contenidos altos a Zn, B, Mg, Cu y Ca y en el análisis total de los dos ciclos fue similar al ciclo P-V 1997. Por lo tanto en cuanto a la eficiencia de detectar mayor número de nutrimentos con deficiencias y excesos con los métodos de diagnóstico

utilizados en los dos ciclos, se considera el siguiente orden: DRIS>Componentes Principales>Rangos de Suficiencia>Correlación Simple>Análisis de Varianza.

Cuadro 29. Resumen del diagnóstico nutricional regional utilizando el Análisis de Varianza, Correlación Simple, Componentes Principales, Rangos de Suficiencia y DRIS, para cada ciclo y análisis total de los dos ciclos.

Método	Ciclo P-V 1996		Ciclo P-V 1997		Análisis total	
	Conc. bajas	Conc. Altas	Conc. Bajas	Conc. Altas	Conc. bajas	Conc. altas
ANVA	N y P	B	N y Mn	Mg	N, P, Mn, Fe	Mg y B
Correlación Simple	N y P	Ca, Cu y B	N, Fe y Mn	Mg	N, P, Mn, Fe	Mg y B
Comptes. Principales	N, P y K	Ca, Fe Cu B	Mn, Zn, Cu	Mg y B	N, P, K, Cu	B, Mg, Fe, Ca,
Rangos de Suficiencia	N, P y K	Zn, Mn, Fe, Ca	N, P y K	Zn, Mn, Fe, Ca	N, P y K	Zn, Mn, Fe, Ca
DRIS	N, P, K, Fe	Zn, B, Mg, Cu, Ca, Mn	Mn, N, P, Fe	Zn, B, Mg, K, Cu, Ca,	Mn, N, P, K, Fe	Zn, B, Mg, Cu, Ca,

El diagnóstico realizado por medio del Análisis de Varianza, Correlación Simple y Componentes Principales indicaron qué nutrimentos estuvieron asociados con altos rendimientos, sin embargo no mostraron cuales fueron más importantes unos con otros, en cambio el diagnóstico realizado por medio de rangos de suficiencia y el DRIS si detectaron el orden de importancia para cada elemento nutritivo, al comparar estos métodos se puede decir que el método DRIS fue más completo y preciso, ya que aparte de clasificar en orden de importancia los nutrimentos que requiere la planta, toma en cuenta su interacción, el balance nutrimental y además detecta deficiencias y excesos relativos de los mismos, lo cual coincide con lo reportado por Sumner (1986), Sumner (1979) y Sumner y Boswell (1981). El método de rangos de suficiencia no fue capaz de detectar en el diagnóstico deficiencias de Mn y Fe, tampoco detectó niveles altos de Mg, B y Cu. Al utilizar este método si detectaron deficiencias de N, P y K así como contenidos altos de Ca y Zn, siendo Walwort y Muñiz (1993) más precisos en el orden de requerimiento para N, P y K que Reuter y Robinson (1986).

El diagnóstico realizado en el análisis total de los dos ciclos por medio de índices DRIS, indicó problemas de deficiencias con N, P, K, Fe y Mn, así como excesos relativos de Ca, Mg, Zn, Cu y B.

La deficiencia de N pueden atribuirse a que la mayoría de los suelos calcáreos que se presentan en zonas áridas tienen bajo contenido de materia orgánica (Olivares, 1997). Aún y cuando se aplican grandes cantidades de fertilizantes nitrogenados, dichos fertilizantes se pierden por evaporación de NH_3 , lixiviación de NO_3 y denitrificación.

La deficiencia de P se debe principalmente a la fijación de este elemento en el suelo debido a las condiciones de pH alcalino y alto contenido de carbonatos (Thompson y Troeh, 1980; Pulido et al., 1992; Narro, 1995). También al igual que N se aplica grandes cantidades de fertilizantes fosfóricos, los cuales se fijan en el suelo en su mayor parte, ya que solamente el cultivo aprovecha de un 5 al 30 % de los mismos (Morales, 1996).

Con respecto a las deficiencias de K encontradas en el diagnóstico, se deben principalmente a que de los fertilizantes potásicos aplicados al suelo, una parte son atraídos por la superficie de las arcillas y son retenidos débilmente, quedando en forma intercambiable. Otra parte puede permanecer en la solución del suelo; y otra parte puede ser absorbida en forma inmediata por el cultivo. Además otra parte puede ser fijada o convertida a una forma no disponible para la planta (Manual de Fertilidad de Suelos, 1988). Gran parte del K disponible debe estar después de los 50 días del ciclo del cultivo, cuando aumenta el ritmo de formación de tubérculos (Gargantini et al., 1963 y Mengel y Kirkby, 1982).

Altos contenidos de Ca y Mg son explicables debido a que las plantas tienden a absorber una mayor cantidad de dichos nutrimentos en suelos de origen calcáreo (Dara et al., 1992 y Mengel y Kirkby, 1982).

Deficiencias de Fe y Mn se deben a las condiciones de pH alcalino y alto contenido de carbonatos, así como a niveles altos de metales pesados como Cu y Zn (Mortvedt et al., 1983; Rodríguez, 1982; Houghland, 1964).

Altos contenidos de Cu, Zn y Mn en algunos lotes se pueden explicar debido a la aplicación excesiva de fungicidas que contienen estos elementos (Narro 1995).

El alto contenido de B en la población de bajos rendimientos comparado con la de altos rendimientos, se puede explicar por un efecto de dilución. El crecimiento vegetativo en la población de bajos rendimientos pudo ser más lento que la de altos rendimientos, por lo que al muestrear la cuarta o quinta hoja, estas pudieran ser de mayor edad en las muestras de bajos rendimientos, considerando que el B no se trasloca en la planta, es de esperarse una mayor acumulación en hojas de mayor edad y por lo tanto en las muestras de bajos rendimientos.

4.3 Calibración de las normas DRIS (Ciclo P-V 1998)

Para confirmar las normas DRIS establecidas, es necesario probarlas con datos experimentales, en donde la respuesta en rendimiento haya sido obtenida para un nutrimento bajo estudio. Si los índices son capaces de predecir el comportamiento en dicho experimento, resulta la confirmación de las normas.

4.3.1 Análisis de varianza del rendimiento comercial

En el Cuadro 30, se presentan las medias de rendimiento comercial (Ton/ha) para cada uno de los tratamientos evaluados, en donde se observa que el mayor rendimiento (31.43 Ton/ha.) se obtuvo para los el tratamiento 9 con la dosis mayor de N, P y K 300-400-300. El más bajo rendimiento se obtuvo con el testigo absoluto (0-0-0) con 23.52 Ton/ha.

Cuadro 30. Medias de rendimiento comercial (Ton/ha), para cada uno de los tratamientos de fertilización evaluados.

Número	Dosis	Rendimiento Comercial (Ton/ ha)
1	100- 200-100	26.66
2	100-300-200	27.88
3	100-400-300	26.47
4	200-200-100	27.18
5	200-300-200	28.77
6	200-400-300	28.53
7	300-200-100	29.87
8	300-300-200	29.92
9	300-400-300	31.43
10	0 - 0 - 0	23.52

En el Cuadro 31, se presenta el análisis de varianza de los resultados obtenidos en los tratamientos de fertilización, en el cual se observa que no hubo diferencias significativas entre tratamientos, pero si se presentaron diferencias significativas entre bloques. El coeficiente de variación fue de 13.82.

Cuadro 31. Análisis de varianza de los resultados de la variable rendimiento comercial

F. V.	G. L.	S. C.	C.M	F.C.	P>F
Tratamientos	9	180.591797	20.065756	1.3386	.264
Bloques	3	180.423828	60.141277	4.0121	.017
Error	27	404.724609	14.989800		
Total	39	765.740234			

C. V. = 13.82

En la figura 2, se presenta la distribución de los tratamientos evaluados y sus respectivos rendimientos, en la cual se observa que se obtuvieron mayores rendimientos en los tratamientos de las repeticiones I y II en comparación con los tratamientos de las repeticiones III y IV, explicando de esta manera la diferencia significativa entre bloques.

REPETICION I	REPETICION III
Tratamiento 8 39.25	Tratamiento 1 27.23
Tratamiento 5 24.15	Tratamiento 9 33.69
Tratamiento 7 32.18	Tratamiento 5 33.99
Tratamiento 1 26.81	Tratamiento 6 29.59
Tratamiento 4 30.67	Tratamiento 2 26.39
Tratamiento 10 24.45	Tratamiento 10 24.15
Tratamiento 2 28.26	Tratamiento 7 23.61
Tratamiento 9 27.23	Tratamiento 3 25.12
Tratamiento 3 25.96	Tratamiento 8 24.63
Tratamiento 6 32.18	Tratamiento 4 21.74
REPETICION II	REPETICION IV
Tratamiento 7 32.18	Tratamiento 6 19.44
Tratamiento 10 22.28	Tratamiento 4 25.72
Tratamiento 5 33.33	Tratamiento 9 31.28
Tratamiento 8 30.07	Tratamiento 7 31.40
Tratamiento 3 30.85	Tratamiento 2 24.21
Tratamiento 6 32.91	Tratamiento 8 25.72
Tratamiento 1 27.41	Tratamiento 3 23.85
Tratamiento 4 30.61	Tratamiento 5 23.67
Tratamiento 9 33.69	Tratamiento 10 23.18
Tratamiento 2 30.91	Tratamiento 1 25.24

Figura 2. Distribución de los tratamientos evaluados y rendimiento (Ton/ha) para cada uno de ellos en el experimento calibración de las normas DRIS. Ciclo P-V 1998.

También es conveniente mencionar que los rendimientos obtenidos en el experimento fueron bajos, debido principalmente a problemas relacionados con la presencia del Tizón Tardío (*Phytophthora infestans*), ya que se presentó un ataque de esta enfermedad, aún y cuando se estuvieron aplicando fungicidas preventivos y sistémicos, los cuales no pudieron controlar en una 100%.

Dadas las circunstancias anteriormente descritas, de alguna manera afectaron los resultados obtenidos, los cuales se discuten a continuación.

4.3.2 Muestreo foliar

En el Cuadros 32, se presentan la concentración foliar de N, P, K, Índices DRIS, orden de requerimiento nutricional, índices de desbalance nutricional (IDN) y rendimientos obtenidos para cada uno de los tratamientos y repeticiones evaluados en el muestreo foliar realizado. Se puede observar que el orden de requerimiento nutricional en casi todos los tratamientos fue $N > P > K$, siendo evidente la necesidad de N en la etapa en que se realizó el muestreo foliar. También se observó una tendencia de que a mayor dosis de N mayor rendimiento, así como menor índice de N, por lo cual se realizó otro análisis de varianza, agrupando los tratamientos con 0, 100, 200 y 300 Kg N/ha.

En el Cuadro 33 se presentan las medias de rendimiento e índices de N, así como la significancia estadística para cada uno de los tratamientos agrupados con 0, 100, 200 y 300 Kg/ha. En donde se observa que presentaron diferencias significativas entre tratamientos para ambas variables, siendo los tratamientos con 200 y 300 Kg/ha superiores en rendimiento y con menor índice de N. Esta información indica que los tratamientos con mayor dosis de N, presentaron un menor índice negativo de este elemento y por lo tanto un mayor rendimiento

Cuadro 32. Concentración foliar de N, P, K, Índices DRIS, orden de requerimiento nutricional, índices de desbalance nutricional (IDN) y rendimientos obtenidos en los tratamientos con las dosis de fertilización, para el muestreo foliar. Ciclo P-V 1998.

Trat.	Rep.	Concentración Foliar			Índices DRIS			Ord. de Req.	IDN	Rendto.
		N	P	K	N	P	K			
1	I	1.88	0.24	6.32	-112.39	6.06	106.35	N>P>K	212.66	26.81
	II	1.76	0.29	6.21	-137.52	34.82	102.70	N>P>K	275.04	27.41
	III	1.80	0.14	6.45	-93.08	-56.71	149.79	N>P>K	299.58	27.23
	IV	1.75	0.15	6.48	-101.17	-47.22	148.39	N>P>K	296.78	25.24
2	I	1.95	0.25	6.45	-110.93	7.33	103.60	N>P>K	207.20	28.26
	II	1.76	0.29	6.21	-137.52	34.82	102.70	N>P>K	275.04	30.91
	III	1.69	0.15	6.25	-102.63	-42.79	145.42	N>P>K	290.84	26.39
	IV	1.80	0.18	6.36	-103.26	-25.17	128.44	N>P>K	256.88	24.21
3	I	1.95	0.23	6.55	-107.15	-3.04	110.19	N>P>K	220.38	25.96
	II	1.84	0.20	6.44	-106.80	-14.80	121.60	N>P>K	243.20	30.86
	III	1.73	0.16	6.57	-107.84	-39.69	147.54	N>P>K	295.08	25.12
	IV	1.73	0.15	6.32	-100.08	-44.73	144.82	N>P>K	289.04	23.85
4	I	1.97	0.26	6.19	-107.57	12.99	94.57	N>P>K	215.14	30.67
	II	1.76	0.31	6.55	-149.83	41.38	108.45	N>P>K	299.66	30.61
	III	2.18	0.13	6.28	-59.86	-71.24	131.10	P>N>K	262.20	21.74
	IV	1.79	0.14	6.06	-86.89	-51.36	138.25	N>P>K	276.50	25.72
5	I	1.93	0.25	6.48	-113.25	7.81	105.44	N>P>K	216.50	24.15
	II	2.10	0.26	6.59	-103.09	5.82	97.27	N>P>K	206.18	33.33
	III	2.00	0.15	6.34	-78.19	-51.20	129.39	N>P>K	258.78	33.99
	IV	2.21	0.15	6.42	-65.79	-55.98	121.77	N>P>K	243.54	26.67
6	I	1.90	0.23	6.43	-109.61	-0.43	110.04	N>P>K	220.08	32.18
	II	1.97	0.34	6.45	-116.96	48.86	68.10	N>P>K	233.92	32.91
	III	1.88	0.15	6.42	-88.68	-49.63	138.31	N>P>K	276.62	29.59
	IV	1.89	0.14	6.64	-88.63	-61.17	150.00	N>P>K	300.00	19.44
7	I	2.04	0.29	6.43	-113.29	21.41	91.88	N>P>K	226.36	32.19
	II	1.80	0.27	6.58	-133.80	21.54	112.26	N>P>K	267.60	32.24
	III	1.80	0.14	6.83	-94.52	-57.76	152.28	N>P>K	304.56	23.67
	IV	2.04	0.14	6.28	-71.83	-59.35	131.18	N>P>K	262.36	31.40
8	I	2.08	0.25	6.43	-99.65	3.54	96.44	N>P>K	199.30	39.25
	II	1.95	0.26	6.63	-116.65	10.60	106.05	N>P>K	233.30	30.07
	III	1.78	0.19	6.49	-110.50	-19.43	129.93	N>P>K	259.06	24.63
	IV	1.97	0.14	6.28	-76.68	-58.05	134.73	N>P>K	269.46	25.72
9	I	1.84	0.24	6.60	-121.18	5.39	115.79	N>P>K	242.36	27.23
	II	2.18	0.29	6.55	103.60	15.79	87.87	N>P>K	207.32	33.69
	III	2.04	0.25	6.52	-104.30	3.80	100.50	N>P>K	208.60	33.51
	IV	2.04	0.15	6.48	-77.61	-53.70	131.31	N>P>K	262.62	31.28
10	I	1.25	0.09	5.72	-122.21	-91.90	214.11	N>P>K	428.22	24.45
	II	1.33	0.14	5.30	-124.71	-18.38	143.09	N>P>K	286.18	22.28
	III	1.62	0.14	6.45	-110.59	-52.12	162.71	N>P>K	352.42	24.15
	IV	1.48	0.12	6.34	-117.55	-67.38	184.93	N>P>K	369.86	23.18

Cuadro 33. Significancia estadística de las medias de rendimiento e índices de N para cada uno de los tratamientos agrupados.

Dosis de N	Medias de Rendimiento	Medias de Índices N
0	23.52 a	-118.76 a
100	26.85 a b	-108.93 a b
200	28.17 b c	-101.97 b c
300	30.41 c	-97.58 c

Con respecto a los valores de IDN presentados en el Cuadro 32, el menor valor de esta variable fue de 199.30, el cual se obtuvo con el tratamiento 8 (300-300-200) repetición III con el rendimiento mayor de 39.25 Ton/ha y el mayor índice de desbalance nutricional fue de 428.22, el cual se presentó con el tratamiento 10 (0-0-0) repetición I con un rendimiento de 24.25 Ton/ha. El índice de desbalance nutricional (IDN) se obtuvo al sumar los índices sin considerar el signo, encontrando cierta relación entre el rendimiento y el IDN evidenciada por un análisis de regresión lineal simple. La ecuación de regresión obtenida fue $Y = 41.063 - 0.049 X$ con una R^2 de 0.30.

En la Figura 4A se muestra una función lineal entre el rendimiento y el IDN, en la cuál se muestra que solamente un 30 % de la variación fue debido al desbalance nutricional, lo cual indica que otros factores afectaron de alguna manera la producción del cultivo de papa en el experimento.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Los valores del IDN fueron muy altos debido a las bajas concentraciones de N y P, y altas de K comparados con las normas DRIS establecidas, N (4.74 %), P (0.32 %) y K (4.06 %). Las diferencias de concentraciones muy marcadas entre los resultados del análisis foliares del experimento de calibración y las normas DRIS establecidas fueron debidas a los laboratorios donde se realizaron dichos análisis, los análisis de la calibración se llevaron a cabo en Fundación Produce Coahuila A, C. y el establecimiento de las normas DRIS en CENID-RASPA.

Los resultados obtenidos en el experimento en donde se evaluaron diferentes tratamientos de N-P-K, mostraron que es posible utilizar las normas DRIS establecidas en este trabajo para predecir el rendimiento de papa en la región, a pesar que en el experimento influyeron otros factores tales como la presencia de Tizón Tardío (*Phytophthora infestans*), la variación en el terreno evidenciada por las diferencias de rendimientos entre bloques, así también la variación de concentración de N, P y K en la planta, donde se analizó las muestras del experimento y las muestras analizadas para el establecimiento de las normas DRIS.

4.3.3. Utilización de otros datos experimentales

En el Cuadros 34, se presentan la concentración foliar de N, P, K, Índices DRIS, orden de requerimiento nutricional y rendimientos obtenidos para cada una de las dosis iniciales evaluadas en el muestreo foliar realizado. Se puede observar que el orden de requerimiento nutricional en los primeros cuatro tratamientos fue $N > P > K$ y para el quinto tratamiento el orden de requerimiento nutricional fue $N > K > P$.

Cuando no se aplicó fertilizante (tratamiento 1), el rendimiento fue de 10.26 Ton/ha. En el tratamiento 2 se agregó N y se disminuyó el rendimiento, sin embargo el índice DRIS fue menos negativo. Al aplicar N y P en el tercer tratamiento, resultó un incremento en rendimiento y el índice de P resultó positivo. En el cuarto tratamiento se agregó N, P y K ocurriendo también incremento en rendimiento y más positivo el índice de K. Finalmente en el tratamiento 5 se agrega más P y como consecuencia se incrementa el rendimiento y este elemento pasa del segundo al tercer orden de necesidad.

Cuadro 34. Concentración foliar de N, P, K, Índices DRIS, orden de requerimiento nutricional y rendimientos obtenidos en los tratamientos con las dosis de fertilización iniciales, para el muestreo foliar.

Trat.	Dosis	Concentración Foliar			Índices			DRIS Ord. de Req.	Rendto
		N	P	K	N	P	K		
1	0-0-0	4.545	0.332	5.245	-11.75	-3.61	15.36	N>P>K	10.26
2	60-0-0	4.613	0.319	4.760	-5.71	-4.07	9.78	N>P>K	8.81
3	60-200-0	3.880	0.325	4.395	-16.75	6.29	10.49	N>P>K	11.56
4	60-200-50	4.310	0.412	5.745	-29.53	11.78	17.75	N>P>K	13.22
5	60-400-50	4.413	0.448	5.273	-28.20	19.04	9.16	N>K>P	15.26

Como se podrá apreciar el método DRIS permitió explicar en la mayor parte de los casos el comportamiento de la planta a la adición de fertilizantes. Para este caso solo se utilizaron los tratamientos en los que no se agregó más fertilizante, que el aplicado al momento de la siembra. Enseguida se analizará el comportamiento de los tratamientos que si recibieron la aportación de algún fertilizante durante la primera escarda, es decir se evaluará la precisión del diagnóstico hecho con las normas DRIS establecidas, cuando la planta tenía de 25 a 30 cm, en relación con la posterior aplicación de fertilizantes durante la primera escarda.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El Cuadro 35, se incluyen los tratamientos de fertilización iniciales, el orden de requerimiento nutricional, enseguida se especifican los tratamientos de fertilización finales obtenidos con la segunda aplicación de fertilizante, en la siguiente columna se presentan los rendimientos obtenidos y finalmente el efecto del elemento adicionando a la dosis de fertilización inicial.

Cuadro 35. Efecto de segunda fertilización, relacionada con la predicción de necesidades hechas por el DRIS. Ciclo P-V 1988.

Tratamiento	Dosis Inicial	Orden de Req.	Dosis Final	Rendto.	Efecto del Factor	Factor adicionado Ton/ha.
1	0-0-0	N>P>K	0-0-0	10.26		
2			120-0-0	11.23	N +	0.97
2			0-400-0	8.82	P -	1.44
4			0-0-100	8.49	K -	1.77
5			120-400-100	11.85	NPK +	1.59
6	60-0-0	N>P>K	60-0-0	8.81		
7			120-0-0	10.63	N +	1.82
8			60-400-0	14.27	P +	5.46
9			60-0-100	15.97	K +	7.16
10			120-400-100	12.22	NPK +	3.41
11	60-200-0	N>P>K	60-200-0	11.56		
12			120-200-0	15.38	N +	3.82
13			60-400-0	17.01	P +	5.45
14			60-200-100	17.17	K +	5.61
15			120-400-100	13.31	NPK +	1.75
16	60-200-50	N>P>K	60-200-50	13.22		
17			120-200-50	15.51	N +	2.29
18			60-400-50	14.40	P +	1.18
19			60-200-100	13.08	K -	0.14
20			120-400-100	12.46	NPK -	0.76
21	60-400-50	N>K>P	60-400-50	15.26		
22			120-400-50	17.40	N +	2.14
23			60-400-100	13.31	K -	1.95
24			120-400-100	12.42	NK -	2.84
25			120-400-100	14.80	NKMg -	0.46
			+ Mg			

Los primeros 5 tratamientos no recibieron fertilizante al momento de la siembra y la predicción hecha por el DRIS en base al muestreo foliar, señala que el orden de requerimiento nutricional fue $N > P > K$. Al hacer la aplicación de N (tratamiento 2), el rendimiento se incrementa en comparación con el tratamiento 1, cuando se aplicó solamente P o K el rendimiento disminuyó, pero cuando se aplicó N, P y K (tratamiento 5), se incrementó también el rendimiento, por lo que la predicción se considera acertada.

En los tratamientos del 6 al 10 la dosis original fue 60-0-0 y la predicción tuvo el mismo orden de requerimiento que el anterior. En este caso al haberse aplicado más N (tratamiento 2), también incrementó su rendimiento. Al aplicar solamente P (tratamiento 3), también presentó un efecto positivo en rendimiento, lo cual se pudiera explicar por medio de los índices DRIS obtenidos para las dosis iniciales (Cuadro 34), ya que tanto para N y P fueron negativos, razón por lo cual hubo respuesta para ambos nutrimentos.

En los tratamientos del 11 al 15 la dosis inicial fue de 60-200-0. Con la aplicación de 60 unidades de N al momento de la escarda incrementaron el rendimiento, con lo cual se confirmó el diagnóstico DRIS. También la aplicación de otras 200 unidades de P aumentó el rendimiento, denotando que aún existían necesidades de este elemento que se encontraba en el segundo lugar del orden de requerimiento según el diagnóstico DRIS.

Al realizar la evaluación de las predicciones para los dos siguientes grupos de tratamientos, se observa que el diagnóstico es acertado en ambos casos.

En el Cuadro 36, se presenta el diagnóstico nutricional realizado por medio de los Rangos de Suficiencia establecidos por Reuter y Robinson (1986) y Walwort y Muñoz (1993), considerando la concentración foliar para cada uno de los cinco tratamientos de fertilización evaluados. En el cual destaca que Reuter y Robinson (1986), no detectó deficiencias en los tratamientos 1, 2, 4 y 5,

detectando solamente deficiencias de K en el tratamiento 3. Utilizando los Rangos de Suficiencia de y Walwort y Muñiz (1993), no detectó deficiencias en los tratamientos 1, 2 y 5, detectando solamente deficiencias de N en el tratamiento 3 y el tratamiento 4 detectó contenidos altos de K. Confirmando nuevamente que el método DRIS fue más completo y preciso que el de Rangos de Suficiencia.

Cuadro 36. Concentración foliar de N, P, K y diagnóstico nutricional por medio de Rangos de Suficiencia, obtenidos en los tratamientos con las dosis de fertilización iniciales, para el muestreo foliar.

Trat.	Dosis	Concentración Foliar			Rangos de Suficiencia	
		N	P	K	Reuter y Robinson (1986)	Walworth y Muñiz (1993)
1	0-0-0	4.545	0.332	5.245	No detectó Deficiencias	No detectó Deficiencias
2	60-0-0	4.613	0.319	4.760	No detectó Deficiencias	No detectó Deficiencias
3	60-200-0	3.880	0.325	4.395	Detectó deficiencias De K solamente	Detectó deficiencias De N solamente
4	60-200-50	4.310	0.412	5.745	No detectó Deficiencias	Detectó contenidos Altos de K
5	60-400-50	4.413	0.448	5.273	No detectó Deficiencias	No detectó Deficiencias

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base a los resultados obtenidos, así como la discusión que de ellos se hizo y en base a las hipótesis de trabajo inicialmente establecidas se concluye que:

Con respecto al establecimiento de las normas DRIS en la región:

1) Por medio de las normas DRIS establecidas en la región fue posible realizar un diagnóstico nutricional del cultivo de papa y pueden ser utilizadas eficientemente para detectar deficiencias o excesos nutricionales por medio del análisis foliar.

a) Se establecieron las normas DRIS para N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y B en el cultivo de papa para la región Sureste de Coahuila y Sur de Nuevo León.

b) Las normas DRIS establecidas en la región fueron diferentes a las normas DRIS obtenidas para el cultivo de papa en otras regiones del mundo.

Con relación al diagnóstico nutricional regional:

2) El diagnóstico nutricional para el cultivo de papa en la región por diferentes métodos, determinó los nutrimentos que limitan su rendimiento y establecieron otros elementos nutritivos aparte del N y P que pudieran estar limitando su producción.

a) El diagnóstico nutricional realizado en los dos ciclos por medio del Análisis de Varianza indicó que concentraciones bajas de N, P, Fe y Mn así como altas de Mg y B afectaron significativamente el rendimiento del cultivo de papa.

b) El diagnóstico nutricional realizado en los dos ciclos utilizando el método de Correlación Simple determinó que concentraciones altas de N, P, Fe y Mn así como bajas de Mg y B estuvieron asociadas con altos rendimientos.

c) El diagnóstico nutricional realizado en los dos ciclos por medio de Componentes Principales estableció que concentraciones altas de N, P, K y Cu así como bajas de Ca, Mg Fe y B estuvieron asociadas con altos rendimientos.

d) El diagnóstico nutricional realizado en los dos ciclos utilizando el método de Rangos de Suficiencia, indicó que concentraciones bajas de N, P y K, así como altas de Zn, Mn, Fe y Ca, pudieran estar afectando el rendimiento de papa.

e) El diagnóstico nutricional realizado por medio del DRIS indicó que concentraciones bajas de N, P, K, Fe y Mn así como altas de Ca, Mg, Zn, Cu y B pudieran estar afectando el rendimiento del cultivo de papa en la región.

f) El orden de requerimiento nutricional para el cultivo de papa detectado por medio de índices DRIS fue $P > N > Mn > Fe > K > Ca > Cu > Mg > Zn > B$.

g) Los elementos nutritivos que mayormente están promoviendo el desbalance nutricional en el cultivo de papa son: P, N, Mn, Fe y K con deficiencias y B, Zn, Mg, Cu y Ca con excesos relativos.

h) En cuanto a la eficiencia de los métodos para el diagnóstico nutricional, para detectar mayor número de nutrimentos con deficiencias y excesos fue el siguiente orden: DRIS > Componentes Principales > Rangos de Suficiencia > Correlación Simple > ANVA.

i) Al comparar el método de Rangos de Suficiencia con el método DRIS, se determinó que Rangos de Suficiencia no fue capaz de detectar deficiencias de Fe y Mn, así como altos de B, Cu y Mg.

j) El diagnóstico nutricional realizado por medio de Índices DRIS fue el más preciso y completo, ya que aparte de indicar los nutrimentos que limitan el rendimiento, ordena los mismos de acuerdo al requerimiento nutricional del cultivo, considerando la interacción entre nutrimentos y el balance nutrimental.

Con respecto a la calibración de las normas DRIS:

3) Los índices DRIS fueron capaces de predecir el comportamiento de la papa en un experimento de fertilización, con lo cual se confirmó la precisión del diagnóstico nutricional realizado con las normas DRIS establecidas.

De acuerdo con las anteriores conclusiones y con el propósito de continuar con esta línea de investigación se sugieren las siguientes recomendaciones.

i) En base al diagnóstico nutricional realizado por medio del DRIS es necesario realizar proyectos de investigación enfocados principalmente a resolver los problemas de deficiencias con P, N, Mn, Fe y K y excesos de B, Zn, Mg, Cu y Ca .

ii) Es importante considerar incrementar el número de observaciones de las normas DRIS establecidas, con datos que incluyan análisis foliares y rendimientos del cultivo de papa en la región con la finalidad de incrementar la precisión en el diagnóstico nutricional.

6. LITERATURA CITADA

- Alonso, A., F. 1996. El cultivo de la patata. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. Barcelona. México. p 33-41.
- 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.2. University of Natal, S. Africa.
- Browen, J. E., y B. A. Kratky. 1983. Microelementos. Causas de deficiencia y toxicidad. Agricultura de las Américas. 32 (6): 6-11.
- Cepl, J. 1992. DRIS method application to an evaluation of potato inorganic analysis. Scientia- Agriculturae-Bohemoslovaca. 24:4: 307-316.
- Chan, C. J. L. R. D. Valdez y M. H. Pérez B. 1985. Normas de diagnóstico foliar para duraznero en condiciones de riego. XVIII Congreso Nacional de la SMCS. La Paz; B. C. Sur, México.
- Clark, R. B. 1970. Effects of mineral nutrient levels on the organic composition and growth of corn. Ohio Agricultural Research and Development Center. Wooster, OH, USA. Research Circular 181. 21 p.
- Dominguez V., A. 1997. Tratado de fertilización. 3ª edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. Barcelona. México. p 338.
- Dara, S. T., P. E. Fixen and R. H. Gelderman. 1992. Sufficiency levels and diagnosis and recommendation integrated system approaches for evaluating the nitrogen status of corn. Agron. J. 84: 1006-1010.
- 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. 111: 988-993.
- Escano, C. R., C. A. Jones, C.A. and G. Uehara. 1981. Nutrient diagnosis in corn grown on Hydric Dystradepts: II. Comparison of two systems of tissue diagnosis. Soil Sci. Soc. Am. J. 45:1140-1144.
- Etchevers, B., J. D. 1997. Evaluación del estado nutricional del suelo y los cultivos fertirrigados. 2º Simposium Internacional de Fertirrigación. Querétaro, Mex. p 51-60.
- Flegmann, A. W. and A. T. Raymond. 1980 Soils and other growth media. AVI Publishing Company, Inc Westport, Connecticut, USA. pp 32.
- Gargantini, H., H. G. Blanco., J. R. Gallo y S. A. Nobregas. 1963. Absarcao de nutrientes pela batatinha. Bragantia. (Campinas). 22 (22): 267-290.

Houghland, G. V. 1964. Nutrient deficiencies in the potato In: Howard (Ed). Hunger sings in crops. David Mckay Company. New York pp 221-232 .

Howeler, R. H. 1983. Análisis del tejido vegetal en el diagnóstico de problemas nutricionales de Algunos cultivos tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. p 22-30.

Jones, C. A. 1981. Proposed modifications of diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analysis. Commun. in Soil Sci. Plant Anal. 12(8):785-794.

Jones, J. B., B. Wolf , and H. A. Mills. 1991. Plant Analysis Handbook. Micro-Macro Publishing. U.S.A. pp 16-17.

Letzsch, W. S. 1984. Standarized diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) data banks. Commun. in Soil Sci. Plant Anal. 16: 339-347.

Letzsch, W. S. 1985. Compute program for selection of norms used in the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Commun. in Soil Sci. Plant Anal. 16: 339-347.

Letzsch, W. S. and M. E. Sumner, 1984. Effect of population size and yield level in selection of diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) norms. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 15: 997-1006.

Lorenz, O. A. and K. B. Tyler. 1983. Plant tissue analysis of vegetable crops. In Soil and Plant Tissue Testing in California. Univ Calif Bull No. 1879.

Mackay, D. C., J. M. Carefoot and T. Entz. 1987. Evaluation of the DRIS procedure for assessing the nutritional status of potato (Solanum tuberosum L.). Commun. Soil Sci. Plant Anal 18:1331-1353.

Manual de Fertilidad de Suelos. 1988. Primera impresión en español. Potash & Phosphate Institute. Atlanta, Georgia. U. S. A. p 48

Meldal, J. A. and M. E. Sumner. 1980. Foliar diagnostic norms for potatoes. Journal of plant nutrition. 2 (5): 569-576.

Mengel, K. and A. E. Kirkby. 1982. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute. Switerland. pp. 417-534.

Meyer, J. H. 1975. Advances in the interpretation of foliar analysis of sugarcane in the South African sugar industry. Proc. S Afr. Sugar Tech. Assoc. 49. 1-9.

Millar, C. E., L. M. Turk, y A. D. Foth. 1982. Fundamentos de la ciencia del suelo. Compañía Editorial Continental, S. A México. p 323-342.

Montaldo, A. 1984. Cultivo y mejoramiento de la papa. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura. Costa Rica. p 197-210.

Morales, B., J. A. 1996. Efecto de los fertilizantes líquidos ácidos y sólidos sobre el aprovechamiento de fósforo por el cultivo de papa en suelos de pH alcalino. Tesis de Maestría. UAAAN. Saltillo, Coahuila. México. p 2.

Mortvedt. J. J., P. M. Glordano, y W. L. Lindsay. 1983. Micronutrientes en Agricultura. Primera Edición en Español. A.G.T. Editor. S,A. México. p 254-261

Navvabzdeh, M. and M.J. Malakouti 1993. Development of DRIS norms for potato in the calcareous soils of Iran. *Journal of Plant Nutrition*. 16(8): 1409-1416.

Narro, F. E. 1995. Nutrición y sustancias húmicas en el cultivo de papa. Memorias del VI Congreso Nacional de Productores de papa. Saltillo, Coahuila. p 30-35.

Olivares, S., E. 1997. El suelo como medio de nutrientes. Apuntes del curso de Nutrición Vegetal para Postgrado. FAUANL. México. p 12.

Papadakis, J. 1977. Los fertilizantes. Editorial Albatros. Buenos Aires, Argentina. p 67.

Parent. L. E; A. N. Cambouris. and A. Muhawenimana. 1994. Multivariate diagnosis of nutrient imbalance in potato crops. *Soil Sci. Soc. of Amer. Journal*. 58:5, 1432-1438.

Pulido, S. J., N. A. Aguilar y A. Vazquez. 1992. Química de Suelos. Manual de Prácticas. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. México. ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Reuter, D. J. and J. B. Robinson. 1986. *Plant analysis an interpretation manual*. Inkata Press. Melbourne, Sidney. pp 173-175.

Robson, A. D. and M. G. Pitman. 1983. Interactions between nutrients in higher plants. In: *Inorganic plant nutrition*. Encyclopedia of plant physiology. New series. Vol. 15-A. pp. 147.

Rodríguez S., F. 1982. Fertilizantes- Nutrición Vegetal. 6ª reimpresión. AGT Editor. México. p 94-95.

Rubio, C. O. 1988. Precisión y oportunidad del diagnóstico nutricional hecho por el método DRIS en el cultivo de papa Informe de investigación. Campo Experimental Saltillo. 17 p.

_____ 1989. Diagnóstico nutricional del cultivo de papa utilizando el método DRIS en las regiones cercanas a Saltillo, Coahuila. XXII Congreso Nacional de la SMCS. Montecillo, Estado de México, México. p 94.

_____ 1990. Aplicación del método DRIS en el diagnóstico nutricional del cultivo de papa en la región de Navidad, N.L. XXIII Congreso Nacional de la SMCS. Torreón, Coahuila, México. p 82.

Sumner, M. E. 1979. Interpretation of foliar analyses for diagnostic purposes. *Agron. J.* Vol. 71: 343-348 U.S.A.

_____. 1986. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) as a guide to orchard fertilization. Food and Fertilizer Technology Center Extension. Bulletin No. 231. 21 p.

Sumner, M. E. and F. G. Boswell. 1981. Alleviating nutrient stress. In: Arkin, G. I. and H. M. Taylor (Editor). *Modifying the root environment to reduce crop stress.* Soil Sci. Soc. Amer. Inc. Madison, Wisconsin, U.S.A. pp. 99-137.

Sumner, M. E. and M. P. W. Farina. 1986. Phosphorus interactions with other nutrients and lime in field cropping system. *Adv. Soil. Sci.* 5: 201-236.

Thompson, L. M., y F. R. Troech. 1980. *Los suelos y su fertilidad.* Traductor D. Juan P. Vigde Fábregas. 4 ed. Reverté. España. p 32.

Walworth, J. L. and J. E. Muñiz. 1993. A compendium of tissue nutrient concentration for field-grown potatoes. *Amer. Potato. J.* Vol 70: 579-597.

Walworth, J.L. and M.E. Sumner, 1986. Foliar diagnosis a review. *Ad. Plant Nutr.* 3. Elsevier Pub. New York, USA.

_____. 1987. The diagnosis and recommendation Integrated system (DRIS). *Ad. Soil Sci.* 6: 151-188.

7. APENDICE

Cuadro 1A. Lista de tratamientos evaluados en el experimento con dosis de fertilización inicial y final de fertilización.

Tratamiento	Dosis Inicial	Dosis Final
1	0-0-0	0-0-0
2		120-0-0
2		0-400-0
4		0-0-100
5		120-400-100
6	60-0-0	60-0-0
7		120-0-0
8		60-400-0
9		60-0-100
10		120-400-100
11	60-200-0	60-200-0
12		120-200-0
13		60-400-0
14		60-200-100
15		120-400-100
16	60-200-50	60-200-50
17		120-200-50
18		60-400-50
19		60-200-100
20		120-400-100
21	60-400-50	60-400-50
22		120-400-50
23		60-400-100
24		120-400-100
25		120-400-100 + 50 Mg

Continuación Cuadro 2A.

No	Macronutrientos (%)											Micronutrientos (ppm)											IDN	Rendto
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B				
37	4.67	0.29	5.16	2.51	0.56	190	267	12	115	25	-3.64	-10.89	2.70	-2.48	-4.40	0.86	-0.04	-1.31	20.37	8.52	63.52	25.0	P>Mn>Mg>N>Ca>Cu>Fe>K>B>Zn	
38	4.29	0.35	3.93	2.64	0.57	216	321	17	81	22	-7.45	-2.59	-7.98	-1.39	-3.93	3.68	-3.51	11.95	6.54	5.27	53.68	27.0	K>N>Mg>Mn>P>Ca>Fe>B>Zn>Cu	
39	4.31	0.32	4.17	2.44	0.70	203	219	18	102	17	-7.78	-6.91	-6.40	-3.84	4.15	2.01	-13.92	14.67	16.82	1.10	77.50	23.0	Mn>N>P>K>Ca>B>Fe>Mg>Cu>Zn	
40	4.42	0.33	3.80	2.50	0.69	134	470	12	76	17	-2.94	-2.50	-8.63	-1.19	5.55	-5.98	6.34	0.20	5.55	1.60	38.48	38.5	K>Fe>N>P>Ca>Cu>B>Zn>Mg>Mn	
41	4.24	0.37	3.35	2.55	0.90	142	595	12	70	23	-7.80	-0.12	-15.54	-3.10	17.52	-6.60	11.11	-2.48	0.85	6.17	71.30	35.0	K>N>Fe>Ca>Cu>P>Zn>B>Mn>Mg	
42	4.73	0.36	4.52	2.70	0.62	222	443	13	94	20	-6.55	-1.52	-4.33	-1.90	-2.10	2.81	2.35	-0.68	8.68	2.14	31.96	40.0	N>K>Mg>Ca>P>Cu>B>Mn>Fe>Zn	
43	4.92	0.33	4.34	2.42	0.58	179	500	16	118	25	-3.30	-7.65	-6.30	-6.15	-5.49	-2.57	3.69	6.10	15.60	6.15	66.64	29.0	P>K>Ca>Mg>N>Fe>Mn>B>Cu>Zn	
44	4.94	0.32	4.91	2.70	0.84	219	486	12	81	21	-2.67	-7.89	-0.71	-1.54	-0.22	2.71	4.93	-2.81	4.66	3.34	31.28	38.5	P>N>Cu>Ca>K>Mg>Fe>B>Zn>Mn	
45	5.04	0.30	4.48	2.50	0.65	240	221	13	81	21	-0.18	-9.45	-3.06	-1.99	1.90	5.95	-10.66	2.87	9.11	5.51	50.68	31.0	Mn>P>K>Ca>N>Mg>Cu>B>Fe>Zn	
46	4.47	0.33	3.81	2.84	0.63	320	296	16	105	33	-9.33	-8.87	-13.67	-1.90	-3.35	12.87	-8.83	6.60	13.18	13.10	91.50	25.0	K>N>P>Mn>Mg>Ca>Cu>Fe>B>Zn	
47	3.46	0.34	5.55	3.30	0.81	343	323	16	89	35	-28.92	-9.12	1.47	0.86	5.22	13.24	-6.71	4.19	5.63	14.04	88.30	34.0	N>P>Mn>Ca>K>Cu>Mg>Zn>Fe>B	
48	4.21	0.40	4.10	3.52	0.75	101	600	15	115	20	-11.32	1.33	-6.69	4.67	5.34	-19.29	8.29	2.91	14.86	2.10	78.60	30.5	Fe>N>K>P>B>Cu>Ca>Mn>B>Cu>Zn	
49	4.15	0.39	4.16	3.40	0.68	80	600	20	131	27	-13.32	-0.73	-9.27	1.47	-0.43	-25.38	7.11	13.83	18.63	8.09	100.26	29.0	Fe>N>K>P>Mn>Ca>Mn>B>Cu>Zn	
50	5.13	0.32	4.88	3.18	0.69	89	600	16	104	26	-0.64	-9.24	-1.06	1.42	1.64	-25.32	8.57	5.63	11.02	7.98	72.52	31.0	Fe>P>K>N>Ca>Mg>Cu>B>Mn>Zn	
51	3.87	0.28	4.24	3.98	0.63	203	308	13	81	41	-12.97	-13.07	-5.58	10.41	-0.93	1.22	-6.42	-0.15	5.39	22.00	78.04	31.5	P>N>Mn>K>Mg>Cu>Fe>Zn>Ca>B	
52	4.93	0.32	5.21	2.03	0.65	117	275	15	62	34	-0.63	-6.16	3.88	-8.76	2.39	-12.21	-5.89	8.01	-0.12	19.49	66.54	38.0	Fe>Ca>P>Mn>N>Zn>Mg>K>Cu>B	
53	5.02	0.36	4.59	2.76	0.62	238	558	10	81	23	-2.64	-3.59	-3.60	-1.05	-1.51	4.41	8.11	-9.31	4.33	4.85	43.40	40.0	Cu>K>P>N>Mg>Ca>Zn>Fe>B>Mn	
54	4.45	0.27	5.15	2.45	0.74	99	600	15	175	38	-8.96	-20.21	0.38	-9.05	3.60	-24.37	6.32	1.35	33.21	17.73	125.18	28.5	Fe>P>Ca>N>K>Cu>Mg>Mn>B>Zn	
55	4.14	0.22	5.18	3.44	0.66	81	600	15	81	41	-6.94	-25.93	6.10	6.07	3.30	-28.65	10.55	6.20	4.73	24.57	123.04	20.5	Fe>P>N>Mg>Zn>Ca>K>Cu>Mn>B	
56	4.53	0.39	5.73	2.50	0.81	270	600	15	124	40	-14.37	-5.60	0.23	-9.57	-8.74	4.43	5.05	-0.76	12.71	14.82	74.08	35.0	N>Ca>Mg>P>Cu>K>Fe>Mg>Zn>B	
57	4.94	0.35	4.13	2.63	0.62	211	421	12	82	21	-2.31	-3.73	-3.24	-1.71	-0.90	2.16	2.30	-1.97	5.68	3.72	27.72	43.0	P>K>N>Cu>Ca>Mg>Fe>Mn>B>Zn	
58	5.18	0.38	4.87	2.82	0.68	218	406	14	72	20	-2.64	-2.51	-2.49	-1.09	0.53	1.82	1.25	1.45	1.39	2.29	17.46	45.0	N>P>K>Ca>Mg>Mn>Zn>Cu>Fe>B	
59	4.88	0.33	4.26	3.12	0.65	220	316	13	81	24	-2.83	-8.38	-6.05	2.70	0.38	3.02	-3.74	0.44	5.95	6.50	38.00	36.0	P>K>Mn>N>Mg>Cu>Ca>Fe>Zn>B	
60	4.00	0.31	5.19	3.76	0.67	239	261	12	81	48	-15.20	-11.19	0.51	7.10	-0.62	3.48	-11.68	-4.46	4.65	27.41	86.30	33.0	N>Mn>P>Cu>Mg>K>Fe>Zn>Ca>B	
61	4.36	0.24	4.52	4.00	0.72	186	509	16	81	34	-8.22	-23.92	-4.68	8.68	3.36	-1.41	4.22	5.49	2.98	13.49	76.46	34.0	P>N>K>Fe>Zn>Mg>Mn>Cu>Ca>B	
62	4.24	0.23	4.79	3.79	0.59	154	514	15	91	38	-7.88	-24.43	-0.38	8.18	-3.94	-6.07	4.71	4.44	7.25	18.11	85.40	36.5	P>N>Fe>Mg>K>Cu>Mn>Zn>Ca>B	
63	4.13	0.21	5.51	2.40	0.65	202	600	15	135	42	-10.80	-32.52	5.42	-7.84	-8.30	0.36	7.48	3.87	21.54	20.89	119.12	24.0	P>N>Mg>Ca>Fe>Cu>K>Mn>B>Zn	
64	4.69	0.27	4.71	3.19	0.76	197	493	16	77	25	-5.49	-17.61	-3.43	1.50	5.13	-0.44	3.95	5.32	1.77	9.30	53.94	38.0	P>N>K>Fe>Ca>Zn>Mn>Mg>Cu>B	
65	5.01	0.28	4.31	3.33	0.74	318	600	18	128	31	-7.31	22.12	-12.57	-0.48	-0.29	10.19	4.82	6.06	14.00	7.70	85.54	26.0	P>K>N>Ca>Mg>Mn>Cu>B>Fe>Zn	
66	4.01	0.28	4.31	3.92	0.57	339	620	15	81	44	-18.12	-17.99	-9.06	7.14	-9.43	14.70	7.78	2.00	0.98	20.00	105.20	28.0	P>N>Mg>K>Zn>Cu>Ca>Mn>Fe>B	
67	2.96	0.21	5.02	3.10	0.65	270	630	15	81	39	-32.21	-31.79	2.77	1.27	13.91	10.15	10.12	4.42	3.01	18.35	128.00	27.0	N>P>Ca>K>Zn>Cu>Mn>Fe>Mg>B	
68	4.22	0.24	3.48	3.14	0.70	172	278	15	81	30	-4.90	-18.31	-12.17	4.69	6.65	-0.93	-7.92	10.73	8.08	14.08	88.48	35.0	P>K>Mn>N>Fe>Ca>Mg>Zn>Cu>B	
69	3.15	0.22	4.25	3.62	0.69	260	458	24	76	47	-29.26	-30.96	-7.68	7.32	1.01	8.25	0.57	25.37	0.38	25.00	195.80	22.0	P>N>K>Zn>Mn>Mg>Ca>Fe>B>Cu	
70	3.52	0.22	4.24	4.10	0.71	102	501	21	62	43	-17.05	-26.32	-4.41	12.09	5.79	-18.96	5.60	21.25	-4.16	28.17	141.80	20.0	P>Fe>N>K>Zn>Mn>Mg>Ca>Cu>B	
71	4.53	0.21	5.45	2.42	0.75	292	319	26	59	38	-8.62	-36.63	1.96	-8.77	3.93	10.45	-6.47	30.74	-5.84	19.25	132.66	25.0	P>Ca>N>Mn>Zn>K>Mg>Fe>B>Cu	
72	4.35	0.22	5.38	2.57	0.73	270	347	26	54	45	-11.24	-33.37	1.31	-7.20	2.66	-5.05	30.21	-8.81	25.32	133.34	23.5	P>N>Zn>Ca>Mn>K>Mg>Fe>B>Cu		

Cuadro 3A Concentración de nutrimentos, Indices DRIS, Orden de Requerimiento Nutricional, IDN y Rendimiento para cada una de las muestras tomadas en el ciclo P-V 1997

No	Macronutrimentos (%)										M micronutrimentos (ppm)										INDICES DRIS										IDN	Rendimiento
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Orden requerimiento		
1	4.69	0.34	4.18	2.58	0.67	255	419	13	77	21	-1.82	1.89	3.11	-0.55	3.94	-3.22	-3.80	1.12	1.54	-2.31	Mn>Fe>B>N>Ca>Cu>Zn>P>K>Mg	23.40	50.0									
2	4.83	0.34	4.26	2.76	0.68	280	357	12	77	22	-0.76	1.63	3.51	1.35	4.04	-1.41	-8.77	-0.42	1.88	-1.04	Mn>Fe>B>N>Cu>Ca>P>Zn>K>Mg	24.80	42.0									
3	4.84	0.37	3.90	3.13	0.63	257	394	15	68	22	-0.74	5.58	0.09	5.07	1.19	-3.27	-5.41	1.02	-2.81	-1.22	Mn>Fe>Zn>B>N>K>Cu>Mg>P>Ca	23.80	40.5									
4	4.65	0.33	4.18	2.98	0.59	252	402	12	62	25	-1.22	1.61	3.98	4.76	-0.45	-3.18	-4.22	-0.14	-4.07	2.83	Mn>Zn>Fe>N>Mg>Cu>P>B>K>Ca	28.58	41.5									
5	4.18	0.27	3.64	2.98	0.60	288	685	16	99	25	-6.80	-8.04	-3.41	-1.82	-0.83	2.30	8.48	4.48	8.34	2.00	P>N>K>Fe>Ca>Mg>B>Cu>Zn>Mn	48.80	38.0									
6	4.38	0.34	3.98	3.04	0.60	270	590	13	92	22	-7.22	-1.38	1.22	4.47	4.41	-2.00	-6.49	0.82	7.19	-1.02	N>Mn>Fe>P>B>Cu>K>Mg>Ca>Zn	36.22	32.0									
7	4.84	0.34	4.00	2.84	0.60	294	530	12	68	22	-2.24	2.11	1.07	0.10	-0.41	0.15	2.58	-0.66	-1.64	-0.86	N>Zn>B>Cu>Mg>Ca>Fe>K>P>Mn	12.02	46.0									
8	4.28	0.32	4.01	2.48	0.65	278	379	13	73	23	-4.30	1.07	2.67	-1.20	4.02	-0.59	-5.71	1.63	1.22	1.14	Mn>N>Ca>Fe>B>Zn>P>Cu>K>Mg	23.48	48.0									
9	4.54	0.30	4.25	2.48	0.64	357	200	15	82	24	-0.23	-1.19	8.65	-0.20	4.23	5.50	-33.10	5.81	8.12	4.02	Mn>B>N>Ca>B>Mg>Fe>Cu>K>Zn	89.42	38.0									
10	4.17	0.28	4.04	2.52	0.60	394	208	16	73	24	-2.54	-6.30	6.40	0.97	2.67	9.37	-28.58	7.93	5.16	4.68	Mn>P>N>Ca>Mg>B>Zn>K>Cu>Fe	74.84	38.0									
11	3.77	0.28	3.49	3.32	0.83	303	596	12	81	22	-11.02	-4.70	-3.74	8.13	2.11	1.35	6.22	-0.71	3.01	-0.65	N>P>K>Cu>B>Fe>Mg>Zn>Mn>Ca	41.64	34.0									
12	5.11	0.34	4.05	2.82	0.65	270	377	15	71	24	1.85	1.22	1.23	-0.52	2.14	-2.35	-7.26	3.85	-0.77	1.01	Mn>Fe>Zn>Ca>B>P>K>N>Mg>Cu	21.80	58.0									
13	5.27	0.35	4.17	2.89	0.68	270	387	11	79	21	2.45	2.00	1.91	2.44	3.44	-2.42	-6.88	2.36	2.04	-2.84	Mn>B>Fe>Cu>K>P>Zn>Ca>N>Mg	28.58	47.0									
14	5.07	0.32	3.61	2.45	0.62	270	238	14	70	23	5.79	-2.27	0.33	0.28	3.85	-0.68	-21.85	4.58	2.66	2.86	Mn>Fe>Ca>K>P>Zn>B>Mg>Cu>N	45.26	38.0									
15	4.46	0.31	3.81	3.10	0.65	174	375	13	81	33	-4.82	-2.40	-3.65	5.02	14.67	-14.86	-8.60	0.78	3.04	10.92	Fe>Mn>N>K>P>Cu>Zn>Ca>B>Mg	88.86	25.0									
16	4.12	0.31	4.45	2.24	0.74	128	395	17	78	25	-5.73	0.85	9.08	-3.45	12.21	-25.05	-4.86	9.27	2.74	4.08	Fe>N>Mn>Ca>P>Zn>B>Cu>K>Mg	78.22	39.0									
17	4.56	0.28	3.83	2.53	0.60	222	281	13	88	28	-0.30	-4.37	-0.55	-0.13	21.51	-6.03	-17.83	2.58	-0.55	5.48	Mn>Fe>P>K>Zn>N>Ca>Cu>B>Mg	56.14	18.6									
18	4.27	0.28	3.83	2.59	0.64	220	252	15	64	23	-3.80	-4.14	9.98	0.68	24.64	-8.68	-20.52	5.95	-1.48	1.77	Mn>Fe>P>N>Zn>Ca>B>K>Cu>Mg	72.80	17.4									
19	4.63	0.31	4.24	2.35	1.01	170	201	15	144	42	-5.83	-5.38	2.18	-7.35	28.07	-19.18	-47.08	4.04	30.75	22.57	Mn>Fe>Ca>N>P>K>Cu>B>Mg>Zn	169.22	13.8									
20	4.51	0.26	3.70	2.84	1.02	157	283	18	85	35	-3.34	-11.19	-1.87	2.18	27.53	-20.01	-24.04	9.71	8.99	14.84	Mn>Fe>P>N>K>Ca>Zn>Cu>B>Mg	120.80	17.7									
21	4.58	0.27	3.48	3.05	0.68	186	288	18	99	39	-5.13	-11.34	-7.48	3.01	21.81	-14.92	-20.88	7.85	10.11	16.83	Mn>Fe>P>K>N>Ca>Cu>Zn>B>Mg	119.42	18.8									
22	3.97	0.32	4.45	2.37	0.84	259	243	15	93	22	-8.82	0.87	7.62	-3.34	16.22	-3.13	-23.80	5.16	10.30	-0.18	Mn>N>Ca>Fe>B>P>Cu>K>Zn>Mg	80.34	34.0									
23	4.18	0.30	3.63	2.79	1.04	342	360	15	60	22	-8.51	-4.02	-3.82	0.20	29.67	2.87	-8.46	3.81	-6.38	-1.98	N>Mn>Zn>P>K>B>Ca>Fe>Cu>Mg	88.30	32.5									
24	4.61	0.33	4.72	2.99	0.68	308	458	25	77	37	-8.53	-4.48	2.92	-2.01	-0.88	-2.43	-8.17	12.89	-2.03	10.13	N>Mn>P>Fe>Zn>Ca>Mg>K>B>Cu	52.08	37.0									
25	4.50	0.34	4.62	2.89	0.65	228	647	25	87	45	-11.40	-4.20	1.02	-2.77	-3.88	-11.06	3.08	12.58	0.11	16.50	N>Fe>P>Mg>Ca>Zn>K>Mn>Cu>B	68.58	38.0									
26	4.50	0.32	4.65	2.82	0.58	265	512	14	68	22	-3.87	-0.80	7.64	2.05	-2.04	-2.87	1.37	2.17	-2.65	-1.40	N>Fe>Zn>Mg>B>P>Mn>Ca>Cu>K	26.48	42.0									
27	4.23	0.27	4.04	2.77	0.63	318	349	17	81	20	-4.40	-6.36	3.34	2.30	2.65	2.35	-8.83	7.09	4.47	-2.82	Mn>P>N>B>Ca>Fe>Mg>K>Zn>Cu	44.40	39.0									
28	5.03	0.31	4.32	2.89	0.57	257	408	12	81	20	2.41	-1.58	4.83	3.59	-2.05	-2.76	-4.40	-0.16	3.44	-3.30	Mn>B>Fe>Mg>P>Cu>N>Zn>Ca>K	28.52	41.0									
29	4.77	0.36	4.30	2.89	0.60	268	585	11	88	22	-3.28	2.87	2.08	1.86	-2.23	-2.82	3.52	-3.10	3.83	-2.13	N>Cu>Fe>Mg>B>Ca>K>P>Mn>Zn	27.12	40.5									
30	4.57	0.35	4.17	2.82	0.72	275	514	11	79	23	-5.92	1.83	1.08	1.87	5.02	-2.34	0.53	-2.97	0.89	-0.80	N>Cu>Fe>B>Mn>Zn>K>P>Ca>Mg	22.48	50.0									
31	4.91	0.31	4.41	2.75	0.72	282	390	15	69	24	-0.54	-3.07	4.27	0.35	5.74	-1.82	-6.60	3.30	-2.15	0.52	Mn>P>Zn>Fe>N>Ca>B>Cu>K>Mg	28.32	48.0									
32	4.52	0.34	4.19	3.00	0.60	262	376	15	84	22	-3.48	2.24	3.44	4.52	-0.53	5.74	-7.41	3.82	4.28	-1.83	Mn>Fe>N>B>Mg>P>K>Cu>Zn>Ca	38.38	45.5									
33	4.85	0.34	4.08	2.99	0.60	227	382	15	81	22	0.83	1.72	1.88	4.10	-0.88	-6.33	-7.09	3.89	3.03	-1.15	Mn>Fe>B>Mg>N>P>K>Zn>Cu>Ca	30.48	47.5									
34	4.65	0.37	5.08	3.17	0.78	189	228	15	81	25	-3.87	5.46	13.02	6.51	10.89	-13.88	-30.71	4.81	4.80	2.67	Mn>Fe>N>B>Zn>Cu>P>Ca>Mg>K	98.14	25.0									
35	4.38	0.32	4.12	3.31	0.68	208	219	15	81	28	-4.84	-0.16	3.83	8.42	17.35	-9.87	-31.85	5.05	5.48	6.68	Mn>Fe>N>P>K>Cu>Zn>B>Ca>Mg	83.64	28.0									

Continuación Cuadro 3A.

No	Macronutrientes (%)										INDICES DRS										M micronutrientes (ppm)										IDN	Rendlo							
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B			N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn
36	3.59	0.24	3.54	3.36	0.63	194	513	15	85	24	-9.98	-8.93	0.18	11.81	5.07	-8.84	3.92	6.32	-1.72	3.19	N>P>Fe>Zn>K>B>Mn>Mg>Cu>Ca	58.94	32.0																
37	3.41	0.25	3.04	3.12	0.67	173	864	13	75	27	-13.75	-7.45	-7.70	8.92	8.10	-12.15	13.28	2.25	2.00	6.80	N>Fe>K>P>Zn>Cu>B>Mg>Ca>Mn	92.10	34.0																
38	4.58	0.30	4.47	2.84	0.67	246	394	30	83	45	-8.51	-3.76	1.24	-2.57	-1.38	-8.40	-11.89	20.46	0.85	18.94	Mn>P>N>Fe>Ca>Mg>Zn>K>B>Cu	77.83	30.0																
39	4.55	0.34	4.03	2.83	0.71	321	411	27	71	47	-9.75	-3.48	-4.39	-2.07	0.48	-1.83	-10.03	15.58	-4.30	19.51	Mn>N>K>Zn>P>Ca>Fe>Mg>Cu>B	71.70	31.5																
40	4.32	0.30	4.14	3.82	0.60	257	350	18	82	33	-7.70	-5.27	0.88	8.32	-3.27	-5.01	-12.73	6.62	2.80	14.58	Mn>N>P>Fe>Mg>K>Zn>Cu>Ca>B	87.88	38.0																
41	4.23	0.28	4.59	3.71	0.59	265	285	15	68	28	-5.64	-3.85	8.88	13.20	-1.05	-2.83	-17.09	4.42	-0.40	4.26	Mn>N>P>Fe>Mg>Zn>B>Cu>K>Ca	81.52	35.0																
42	4.95	0.34	3.83	3.25	0.78	221	578	15	104	40	-5.64	-3.84	-5.79	2.03	4.49	-10.81	0.20	0.44	8.20	12.72	Fe>K>N>P>Mn>Cu>Ca>Mg>Zn>B	52.18	37.0																
43	4.48	0.31	4.37	3.84	1.02	295	555	15	87	37	-11.78	-8.48	-1.44	5.31	18.88	-10.03	-0.80	0.42	0.25	9.84	N>P>Fe>K>Mn>Zn>Cu>Ca>B>Mg	65.02	36.0																
44	4.74	0.31	4.33	2.82	0.85	217	443	14	92	23	-1.79	-2.57	3.97	1.67	1.89	-7.77	-3.40	2.10	6.14	-0.34	Fe>Mn>P>N>B>Ca>Mg>Cu>K>Zn	31.74	40.5																
45	4.98	0.32	4.25	3.55	0.79	270	532	13	96	22	-3.07	-4.54	-0.35	8.48	8.60	-4.29	-0.38	-1.01	4.55	-3.88	P>Fe>B>N>Cu>Mn>K>Zn>Ca>Mg	35.28	38.0																
46	4.42	0.35	4.15	2.80	0.66	246	408	15	79	22	-5.21	3.14	2.48	1.53	4.69	-4.55	-5.18	3.84	0.87	-1.43	N>Mn>Fe>B>Zn>Ca>K>P>Cu>Mg	32.70	42.0																
47	5.43	0.38	5.18	2.65	0.88	262	582	15	110	22	-1.72	0.55	6.08	-1.78	-1.01	-8.00	0.50	1.08	7.55	-5.15	Fe>B>Ca>N>Mg>Mn>P>Cu>K>Zn	31.32	40.0																
48	4.99	0.40	4.73	2.97	0.63	283	518	15	87	25	-4.29	4.35	3.47	0.45	-2.81	-2.52	-1.19	1.52	1.82	-0.80	N>Mg>Fe>Mn>B>Ca>Cu>Zn>K>P	22.82	46.0																
49	4.57	0.34	4.15	2.87	0.84	280	400	11	81	22	-3.21	2.00	2.46	2.83	1.72	-0.41	-5.22	-2.23	3.17	-0.81	Mn>N>Cu>B>Fe>Mg>P>K>Ca>Zn	23.98	45.0																
50	4.80	0.32	4.23	2.75	0.88	298	488	15	75	23	-1.43	-2.31	1.89	-0.25	2.85	-0.74	-0.40	2.68	-0.87	-1.12	P>N>B>Fe>Zn>Mn>Ca>K>Mg>Cu	13.84	43.5																
51	4.55	0.31	4.04	2.85	0.61	225	355	15	81	23	-1.38	-0.45	3.21	1.25	1.42	-5.66	-8.43	4.66	4.25	1.13	Mn>P>N>Mg>Zn>K>Cu>Ca>Mn>B	31.84	42.0																
52	5.53	0.36	5.82	2.83	0.69	234	467	14	84	22	0.85	-0.48	13.64	0.47	0.91	-9.42	-4.00	0.89	0.74	-4.34	Fe>B>Mn>P>Ca>N>Zn>Cu>Mg>K	34.48	42.5																
53	4.83	0.30	4.19	3.34	0.84	238	849	15	78	49	-7.53	-8.45	-1.88	3.84	-3.13	-8.23	4.71	0.52	-2.05	22.21	P>Fe>N>Mg>Zn>K>Cu>Ca>Mn>B	82.56	38.0																
54	5.18	0.36	4.00	2.72	0.68	225	445	15	68	28	1.38	2.84	0.12	0.20	3.39	-7.13	-2.88	3.31	-3.82	2.48	Fe>Zn>Mn>K>Ca>N>B>P>Cu>Mg	27.84	38.0																
55	4.45	0.38	4.01	2.78	0.68	281	403	13	76	24	-5.27	4.02	0.56	0.83	4.29	-1.45	-5.37	0.64	0.87	0.88	Mn>N>Fe>K>Cu>Ca>Zn>B>P>Mg	24.18	42.0																
56	4.58	0.38	4.15	2.75	0.88	281	433	11	75	24	-3.31	4.55	2.84	1.39	4.88	-0.45	-10.88	-2.08	1.54	1.88	Mn>N>Cu>Fe>Ca>Zn>B>K>P>Mg	33.38	45.0																
57	4.24	0.38	4.27	2.80	0.70	282	515	13	81	24	-9.87	5.23	1.88	0.18	3.58	-2.05	0.29	-0.15	1.19	-0.20	N>Fe>B>Cu>Ca>Mn>Zn>K>Mg>P	24.14	43.0																
58	4.68	0.32	4.19	2.80	0.88	275	462	14	80	26	-4.33	-1.88	1.88	0.61	2.85	-2.31	-2.32	1.52	1.50	2.39	N>Mn>Fe>P>Ca>Zn>Cu>K>B>Mg	21.28	44.5																
59	4.86	0.30	4.47	2.75	0.84	259	836	15	84	21	-0.88	5.39	3.79	-0.26	0.25	-4.05	5.80	2.62	1.77	-3.75	P>Fe>B>N>Ca>Mg>Zn>Cu>K>Mn	28.86	40.0																
60	4.74	0.28	4.48	3.03	0.88	253	880	14	87	22	-3.38	-7.21	3.40	2.44	2.22	-4.89	8.68	1.08	2.49	-2.83	P>Fe>N>B>Cu>Mg>Ca>Zn>K>Mn	38.82	40.0																
61	5.17	0.30	4.24	2.78	0.69	281	395	11	82	25	2.28	-4.31	2.63	1.20	4.18	-3.00	-8.21	-2.48	3.28	2.25	Mn>P>Fe>Cu>Ca>B>N>K>Zn>Mg	31.88	43.0																
62	5.34	0.31	4.23	2.88	0.69	274	498	11	88	29	1.82	-4.83	0.93	0.93	2.49	-2.71	-0.89	-3.44	3.64	2.09	P>Cu>Fe>Mn>K>Ca>N>B>Mg>Zn	28.52	42.0																
63	4.87	0.31	4.30	3.00	0.69	304	547	12	74	22	-3.34	-3.28	2.85	2.78	3.44	-0.08	2.31	-1.28	-1.04	-2.08	N>P>B>Cu>Zn>Fe>Mn>K>Ca>Mg	22.18	43.0																
64	5.39	0.34	4.41	2.83	0.88	171	847	15	81	28	1.56	-1.09	2.88	1.54	2.05	-17.12	5.63	2.75	0.12	1.40	Fe>P>Zn>B>Ca>N>Mg>Cu>K>Mn	38.42	38.0																
65	5.12	0.37	4.63	2.86	0.74	272	329	15	86	48	-5.03	1.52	2.49	-0.72	3.87	-4.83	-16.18	1.59	-3.81	20.90	Mn>N>Fe>Zn>Ca>P>Cu>K>Mg>B	80.74	38.0																
66	4.87	0.38	4.07	2.71	1.00	362	462	20	91	45	-8.16	-2.31	-7.92	-7.74	13.03	-0.17	-8.88	5.15	0.45	14.55	N>K>Ca>Mn>P>Fe>Zn>Cu>Mg>B	66.30	37.0																
67	4.72	0.32	4.53	2.92	0.88	287	507	13	81	28	-4.13	-3.07	3.47	1.02	0.54	-1.18	-0.89	-0.53	-0.94	3.59	N>P>Fe>Mn>Cu>Mg>Zn>Ca>K>B	19.14	44.0																
68	5.82	0.38	4.56	2.88	0.74	283	457	13	87	28	2.04	0.86	1.12	-0.24	2.55	-3.66	-5.08	-1.38	1.57	2.18	Mn>Fe>Cu>Ca>P>K>Zn>N>B>Mg	20.82	52.0																
69	4.27	0.29	3.97	4.25	0.83	335	511	18	65	29	-10.78	-8.81	-3.16	13.29	8.09	0.31	-1.12	4.89	-6.98	3.32	N>P>Zn>K>Mn>Fe>B>Cu>Mg>Ca	81.84	35.0																
70	4.01	0.38	3.63	3.41	0.70	258	462	17	64	20	-10.82	7.78	-3.42	8.25	5.43	-3.81	0.28	5.91	-4.87	-4.62	N>Zn>B>Fe>K>Mn>Mg>Cu>P>Ca	55.08	36.0																



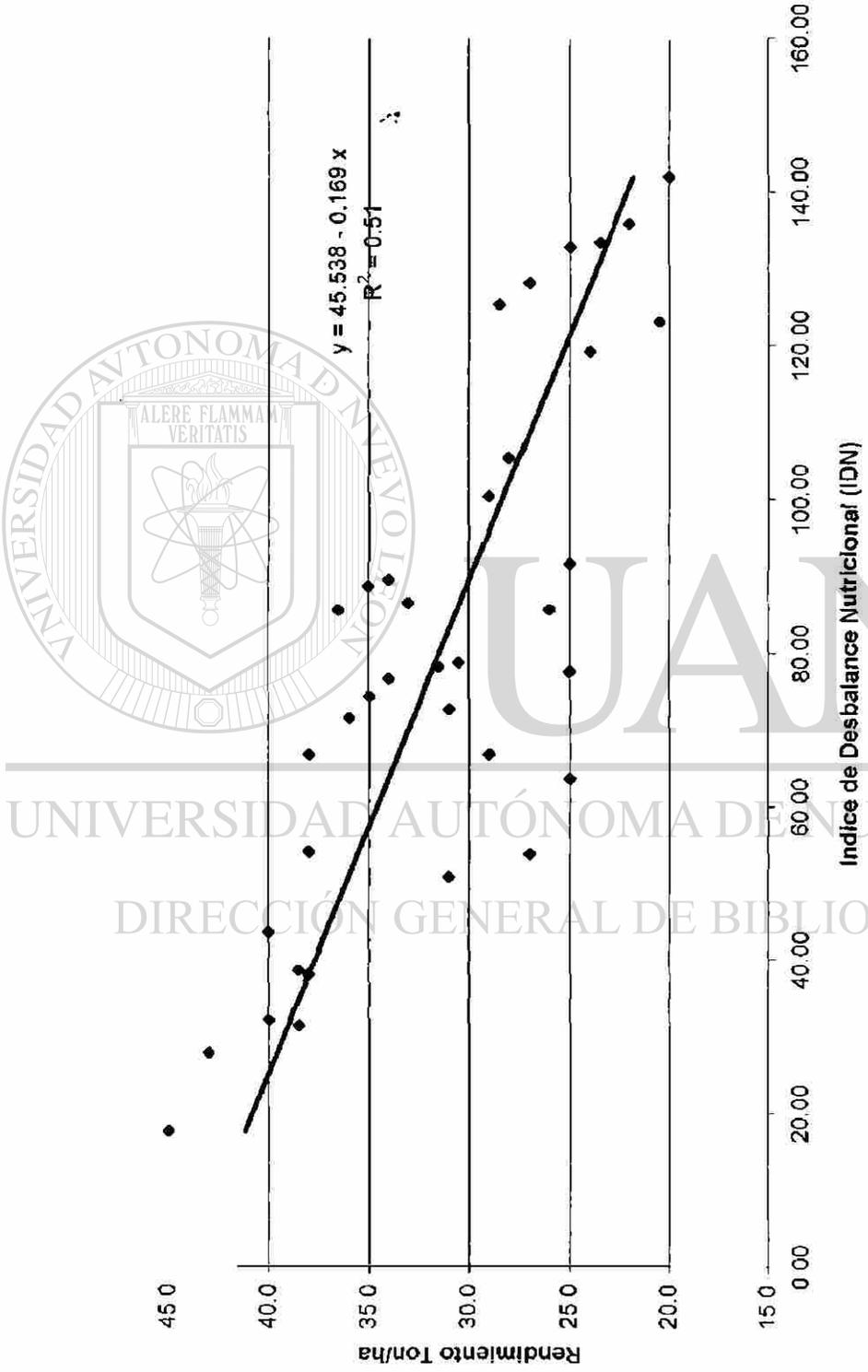
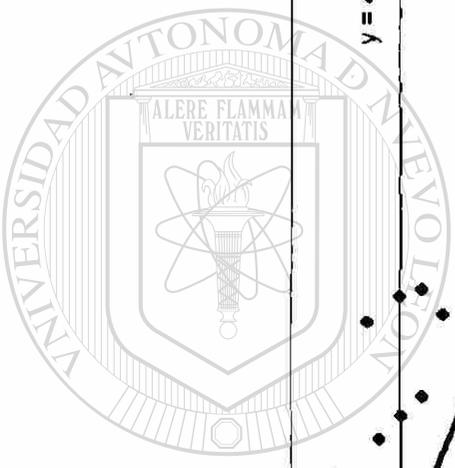
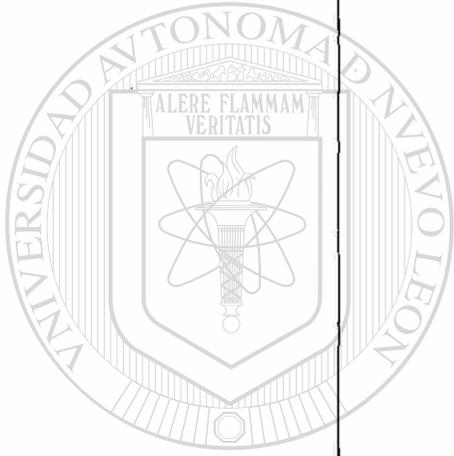


Figura 1A. Regresión lineal simple entre las variables rendimiento e IDN. Ciclo P-V 1996



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

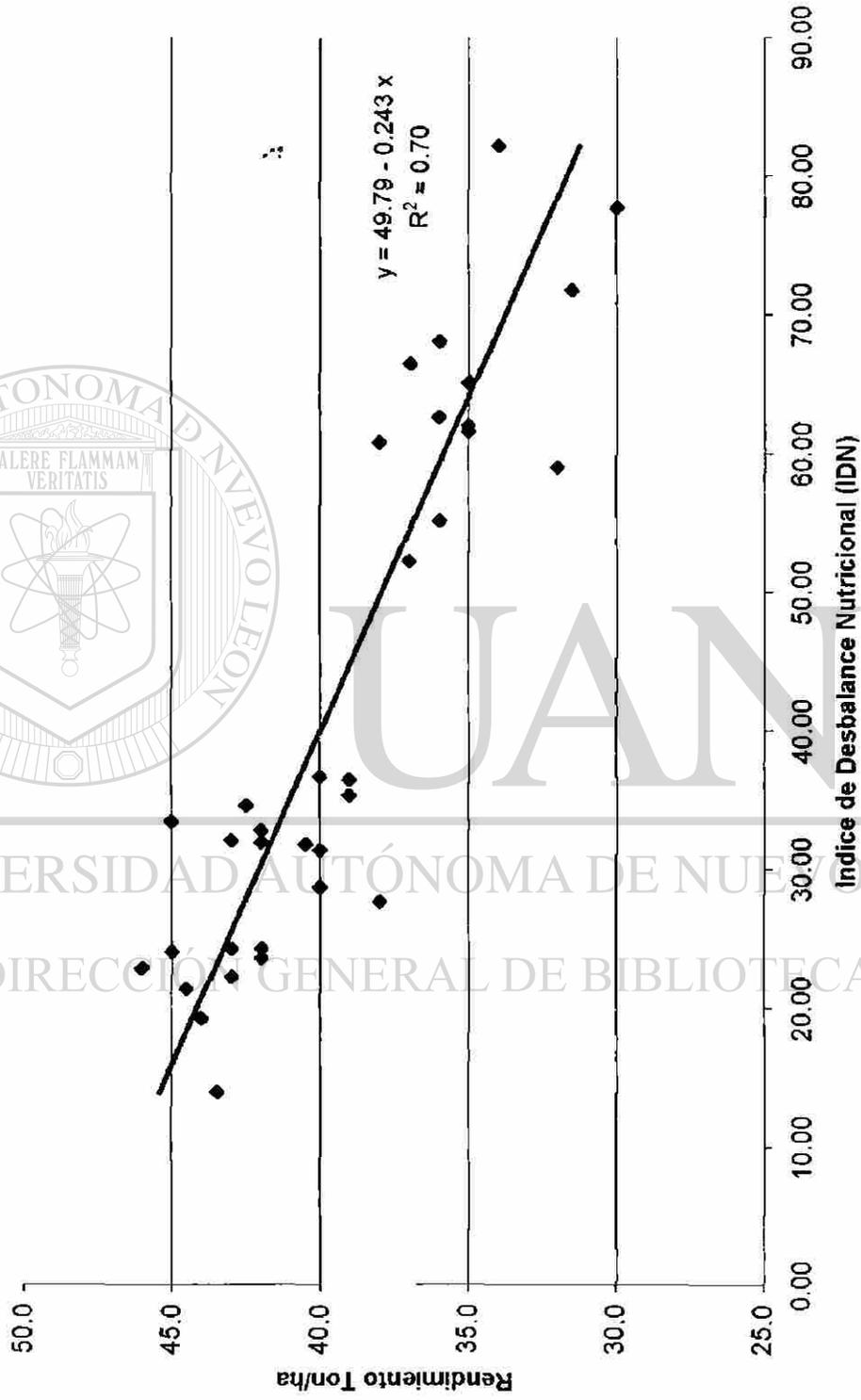
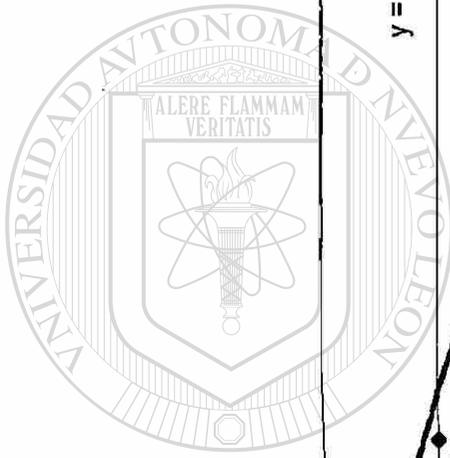


Figura 2A. Regresión lineal simple entre las variables rendimiento e IDN. Ciclo P-V 1997



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

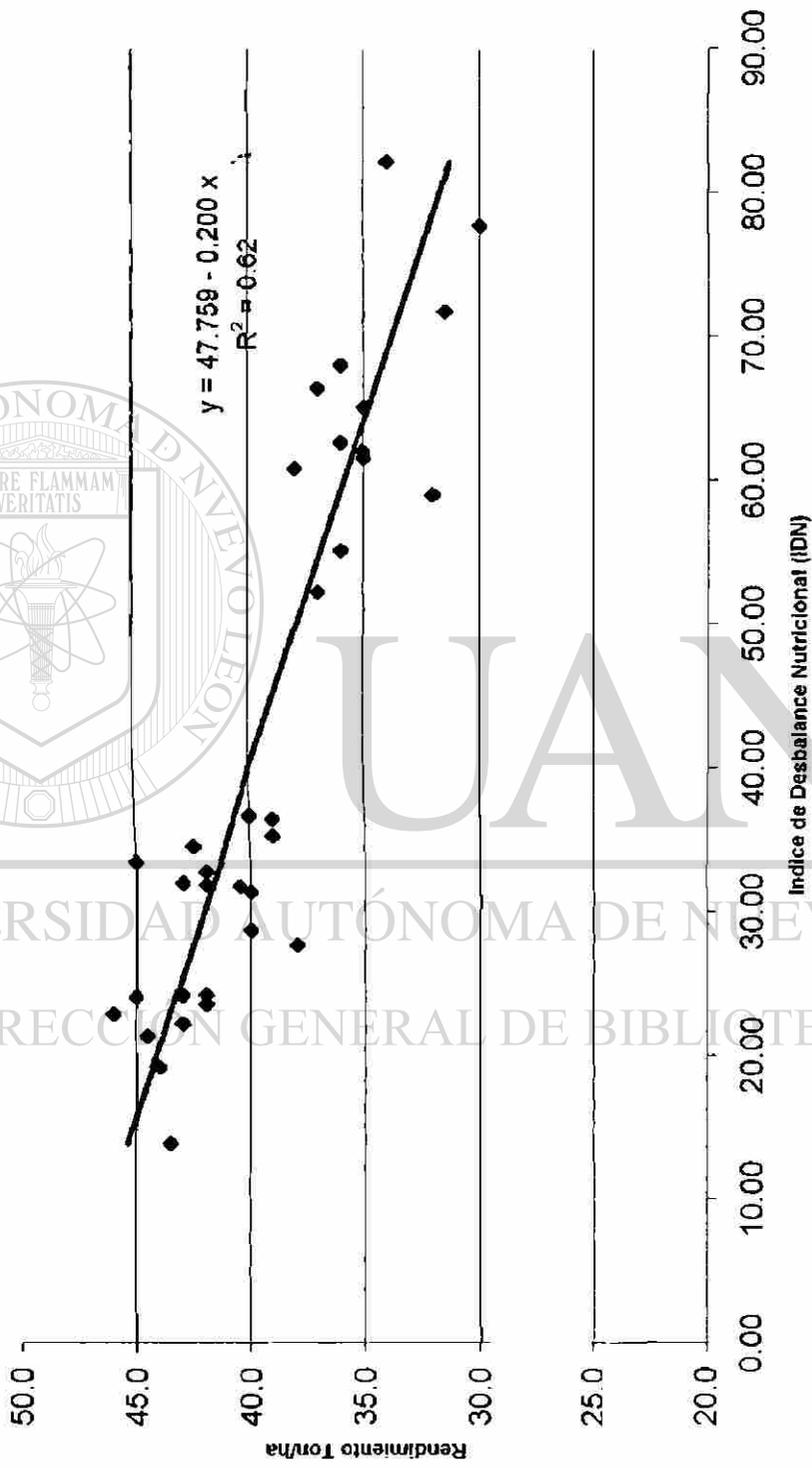


Figura 3A. Regresión lineal simple entre las variables rendimiento e IDN. Análisis total dos ciclos.

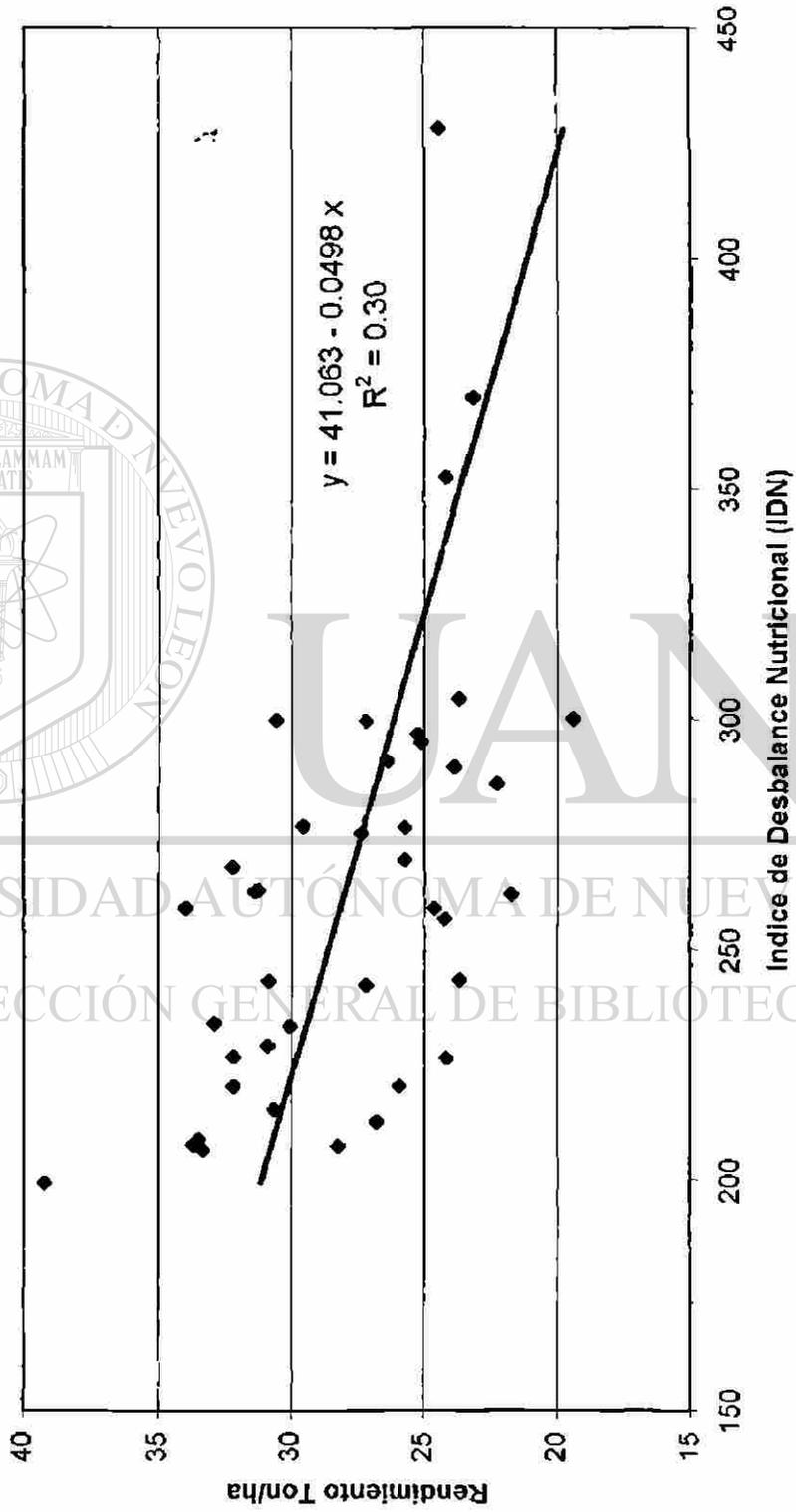


Figura 4A. Regresión lineal simple entre las variables rendimiento e IDN. Ciclo P-V 1998.

