

**DIAGNÓSTICO NUTRIMENTAL DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE PAPA
(*Solanum tuberosum L.*), EN ARTEAGA, COAHUILA Y GALEANA, NUEVO
LEON PARA DERIVAR RECOMENDACIONES DE FERTILIZACIÓN**

LUCIO LEOS ESCOBEDO

T E S I S

**Presentada como Requisito Parcial
para optar al Grado de:**

**Maestro en Ciencias
en Suelos**



**Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro
PROGRAMA DE GRADUADOS
Buenvista, Saltillo, Coahuila.
Octubre de 2004**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

DIAGNÓSTICO NUTRIMENTAL DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE PAPA
(*Solánium tuberosum L.*), EN ARTEAGA, COAHUILA Y GALEANA, NUEVO
LEON PARA DERIVAR RECOMENDACIONES DE FERTILIZACIÓN

TESIS

POR

LUCIO LEOS ESCOBEDO

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada
como requisito parcial para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
EN SUELOS

COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal:

M.C. Ricardo Requejo López

Asesor:

Dr. Sergio Javier García Garza

Asesor:

Dr. Alejandro Zermeño González

Dr. Jerónimo Landeros Flores
SubDirector de Postgrado

Buenvista, Saltillo, Coahuila. Octubre de 2004

AGRADECIMIENTOS

A mi **Alma Terra Mater**, la **Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"**, y al **Programa de Graduados en Suelos** por el gran apoyo brindado durante mi estancia para una mejor preparación académica.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por su gran apoyo en el otorgamiento de la **Beca-Crédito**, para realizar mis estudios de **Posgrado**.

A cada uno de los **Asesores de mi comité particular** por su orientación y consejos en la realización de mis estudios, así como por su valiosa aportación de sugerencias para cada una de las etapas en que se desarrolló el presente trabajo de investigación.

A los **Maestros de los Departamentos de Suelos y Riego y Drenaje: Rommel de la Garza, Juan Manuel Cepeda, Eduardo A. Narro, Edmundo Peña, Victor S. Peña, Rubén López, Alejandro Cárdenas, Miguel Lasso, Arturo Gallegos, Alejandro Hernández, María Elena Góngora, Dr. Raúl Rodríguez y Dra. Diana Jasso, Javier de Jesús Cortés**, por su sincera amistad.

A las **Secretarias del Departamento de Suelos y Posgrado: Chayito, Lily; Lupita, Sra. Anita, Sra. Yolanda, Sra. Myrna, Omega, Adela Cepeda, especialmente a Ana María**.

Al Personal de Laboratorio de **Suelos: Paty, Aracely, Bertha, Blanca, Alicia, Idalia; De Riego: Silvia y Coco; De Horticultura: Laurita**.

A mis **Compañeros de Maestría: Homero Castellanos, Indira de la Rosa, Alma Leticia Cázares, Juventino Hurtado, Bonifacio Martínez, Esteban Joaquín, Victor H. Ochoa, Javier Olague, Armando Ledesma, Rogelio Aldaco, Jose Luis Woo, Pablo Preciado, Marciano**, con quienes compartí ratos de alegría.

A los **Propietarios y Encargados de los lotes de estudio** por todas las facilidades brindadas, para que este trabajo de investigación fuera realizado.

A los Amigos y Paisanos: **Dr. Estebán Favela Ch., Ing. Antero Domínguez, Ing. Francisca Sánchez B., Ing. Gilberto Vidal, M.C. Bolaños, M.C. Saret Alonso, M.C. Hugo Ricaño, Ing. Jesús Joaquín López, Ing. Jesús Angeles, Ing. Rogelio Lozano, Sr. Moisés Ramírez, Eduardo de los Santos, Brenda Ojeda, Chavita**, por su amistad sincera. Al **Dr. Victor Zamora Villa** por todo el apoyo en la interpretación del análisis multivariado.

DEDICATORIAS

A Dios todopoderoso, que sin el consentimiento de él no somos nada; por darme la fuerza necesaria para lograr éste propósito e iluminarme en los momentos de oscuridad

A mis Padres, muy en especial al **Sr. Rito Leos Núñez** (̀) que se ha ido para siempre, pero que siempre estará presente, él seguirá guiando mis pasos por donde quiera que yo vaya. A mi madre la **Sra. Sofía Escobedo Delgado**, por todo su apoyo y sus consejos, a quién siempre querré por que ella me dio el ser y me enseñó a luchar para lograr ser alguien en la vida.

A mi Esposa **María Cristina Reyes Pérez**, por todo su amor, su cariño, su comprensión y su apoyo incondicional para lograr éste objetivo a quién admiro y quiero tanto y por compartir conmigo momentos difíciles. A mis hijos a quién tanto quiero, ellos son mi aliento para seguir adelante: **Lucía Cristina Leos Reyes** (14 años), **Naomi Alejandra Leos Reyes** (6 años) y **Lucio Alejandro Leos Reyes** (1 año).

A mis hermanos: **Juan, María del Consuelo, Héctor, Gerardo, Martha Alicia, Luz María y Erika**; mis sobrinos: Kiko, Mary, Gerardo, Meche, Gisela, Diana, Iván, Uriel, Abel A, Gaby, Estefany, Lluvia, Brisa, Sofía y otros; primos: **Ma. Guadalupe Leos Alvarado y tíos.**

A los Padres, hermanos, cuñadas y sobrinos de mi esposa, **Sr. José Guadalupe Reyes Barrón** (̀) y **Sra. Elvira Pérez Quiroz**; José Raúl, Celia, Raulito e Israel; Reynaldo, Cecilia, Rey y Cecy; Ramón Alberto, Edith Yadira, Ramoncito y Lupita con mucho cariño, admiración y respeto.

A mis compadres **Ing. Joel Escareño y Lic. Martha Alicia Cepeda, Andrés y Claudia Rodríguez Pérez**, mi agradecimiento sincero.

COMPENDIO

DIAGNÓSTICO NUTRIMENTAL DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE PAPA
(*Solanum tuberosum L.*), EN ARTEAGA, COAHUILA Y GALEANA, NUEVO
LEÓN PARA DERIVAR RECOMENDACIONES DE FERTILIZACIÓN.

POR

LUCIO LEOS ESCOBEDO

MAESTRIA EN CIENCIAS
EN SUELOS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. OCTUBRE DE 2004.

M.C. RICARDO REQUEJO LÓPEZ -ASESOR-

Palabras Clave: Papa, Diagnóstico nutrimental, región de Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León, metodología DRIS.

Esta investigación se realizó en 31 localidades, de la región productora de papa en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León, para obtener un diagnóstico nutrimental del cultivo a través de la metodología DRIS, a partir de análisis vegetales para derivar recomendaciones de fertilización, considerando los factores de clima, suelo, agua de riego, manejo del cultivo y la planta misma. Las características físicas y químicas del suelo, son importantes por la influencia en el desarrollo del cultivo y el rendimiento de tubérculos. El pH limita la absorción de algunos elementos minerales como el fósforo (P), el hierro (Fe) y el zinc (Zn) y los altos porcentajes de carbonatos del suelo (CO_3^{-2}) afectan la disponibilidad del fósforo; altas dosis de fertilizantes fosfatados, inducen deficiencias de hierro (Fe) y cantidades altas de calcio (Ca), limitan la disponibilidad del fósforo (P). La fertilidad natural del suelo, importante antes del

establecimiento del cultivo, arrojó un contenido de nitrógeno total (N t) promedio de 0.16%, igual a 230.46 kg ha⁻¹, fósforo aprovechable (P aprov.), 21.38 ppm, igual a 222.83 kg ha⁻¹ y para potasio intercambiable (K interc.) un contenido de 248.45 ppm, igual a 1,351.19 kg ha⁻¹. El agua de riego, presentó por su parte características químicas poco favorables, se encontraron aguas de riego tipo C₂ en un 70.96% y aguas de riego C₃ en un 22.58%, que presentan un contenido medio-alto en sales solubles, altas concentraciones de magnesio (Mg⁺²), bicarbonatos (HCO₃⁻¹), sulfatos (SO₄⁻²) y sodio (Na⁺¹) y una conductividad eléctrica media del agua (C.E.a.) igual a 0.689 dS m⁻¹. Respecto al clima, se consideró la temperatura del medio ambiente y las unidades-calor (U.C.) en el cultivo, factores importantes que intervienen en el desarrollo del cultivo. El análisis vegetal, en la etapa de floración arrojó, que N, P, K, Mg y Fe, presentaron un nivel bajo y un nivel alto Ca, Mn, Cu y Zn en los 31 sitios de estudio, de acuerdo a la concentración óptima de nutrimentos propuesto por Reuter y Robinson, (1986), pero de acuerdo la concentración óptima de nutrimentos propuesto por Jones, *et. al.*, (1991), N, P, K, Mg, Fe y Zn, mostraron un nivel bajo de concentración, mientras Ca, Mn y Cu, una concentración alta en el total de los sitios. La producción de materia seca arrojó un valor medio de 4,780.97 kg ha⁻¹, mientras que el rendimiento de tubérculos medio fue 37.65 t ha⁻¹. La extracción de nutrimentos por el cultivo igual a 172.9 kg ha⁻¹ de N, 10.0 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 266.5 kg ha⁻¹ de K₂O, 159.4 kg ha⁻¹ de CaO, 49.0 kg ha⁻¹ de MgO, 0.497 kg ha⁻¹ de Fe, 2.514 kg ha⁻¹ de Mn, 0.103 kg ha⁻¹ de Cu y 0.215 kg ha⁻¹ de Zn. Respecto a los índices DRIS en el cultivo, se encontró que el I.D.Fe., el I.D.P., el I.D.Zn, y el I.D.N., fueron los más

insuficientes; mientras que el I.D.K., el I.D.Ca., el I.D.Mg., el I.D.Mn., el I.D.Cu. y el I.D.B., fueron los más suficientes. El orden de requerimiento nutrimental del cultivo de papa arrojó que $Fe > P > Zn > N$, fueron los nutrimentos más requeridos y $Mg < Cu < K < Ca$, los menos requeridos. De acuerdo al diagnóstico realizado, refiere poner atención a los elementos fósforo (P), hierro (Fe) y zinc (Zn) principalmente

SUMMARY

NUTRIMENTAL DIAGNOSTIC OF PRODUCTION SYSTEM OF POTATO (*Solanum tuberosum L.*), IN ARTEAGA, COAHUILA AND GALEANA, NUEVO LEÓN FOR DERIVE RECOMENDATION OF FERTILIZER.

BY

LUCIO LEOS ESCOBEDO

MASTERS OF SCIENCE

IN SOILS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. OCTOBER, 2004.

M.C. RICARDO REQUEJO LÓPEZ

-ADVISOR-

Key words: Potato, Nutritional diagnostic, Region of Arteaga, Coahuila and Galeana, Nuevo León, DRIS methodology.

This research was carried out in 31 sites in the potato producing in the region of Arteaga, Coahuila and Galeana, Nuevo Leon, to obtain a nutritional diagnosis of the cultivation through DRIS methodology for fertilization, considering some factors as climate, soil, irrigation water, cultivation handling, and the plant itself. Soil's physical and chemical characteristics are important for its influence in the development of the cultivation and tubercle yield. Ph limits the absorption of some mineral elements as phosphorus (P), iron (Fe) and zinc (Zn), and the high percentages of soil carbonates (CO_3^{-2}) affect phosphorus availability; high dose of phosphatized fertilizers, leads to iron (Fe) deficiencies and high calcium (Ca) quantities limits phosphorus (P) availability. Natural soil's fertility, it's important before the establishment of the cultivation, yielded a total nitrogen average content of 0.16%, equal to 230.46 kg ha⁻¹, available phosphorus (P av.), 21.38 ppm, equal to 222.83 kg ha⁻¹ and for interchangeable potassium (K interc.) a 248.45 ppm content equal to 1,351.19 kg ha⁻¹. Irrigation

water showed few favorable chemical characteristics, irrigation water type C₂ was found at 70.96% and C₃ irrigation water at 22.58%, presenting a medium-high content of soluble salts, high magnesium concentrations (Mg⁺²), bicarbonates (HCO₃⁻¹), sulfates (SO₄⁻²) and sodium (Na⁺¹) and an average electrical conductivity of the water (C.E.a.) equal to 0.689 dS m⁻¹. In relation to climate, environment's temperature and heat-units (H.U.) were considered for the cultivation as important factors which have to do with the development of the cultivation. Plant analysis during the flowering stage presented low levels of N, P, K, Mg and Fe, and high levels of Ca, Mn, Cu and Zn in the 31 sites of this study, according to the best nutriment concentration proposed by Reuter and Robinson, (1986), but according to the best nutriment concentration proposed by Jones, *et. al.*, (1991), N, P, K, Mg, Fe and Zn showed low concentration levels while Ca, Mn and Cu showed high concentration in all sites. Dry matter production yielded an average value of 4,780.97 kg ha⁻¹, while tubercle average yield was 37.65 t ha⁻¹. The nutrients extraction for cultivate equal 172.9 kg ha⁻¹ of N, 10.0 kg ha⁻¹ of P₂O₅, 266.5 kg ha⁻¹ of K₂O, 159.4 kg ha⁻¹ of CaO, 49.0 kg ha⁻¹ of MgO, 0.497 kg ha⁻¹ of Fe, 2.514 kg ha⁻¹ of Mn, 0.103 kg ha⁻¹ of Mn, 0.103 kg ha⁻¹ of Cu and 0.215 kg ha⁻¹ of Zn. In relation to DRIS indexes in the cultivation, it was found that I.D.Fe., I.D.P., I.D.Zn., and I.D.N. were not enough while I.D.K., I.D.Ca., I.D.Mg., I.D.Mn., I.D.Cu. and I.D.B. were enough. Nutritional requirement order of potato cultivation showed that Fe>P>Zn>N were the most required nutriments, and Mg<Cu<K<Ca were the least required. The according to diagnosis carried out, requires principal attention in to elements as phosphorus (P), iron (Fe) and zinc (Zn)

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS_____	xii
INDICE DE FIGURAS_____	xv
I. INTRODUCCIÓN_____	1
Antecedentes_____	1
Objetivo_____	2
Hipótesis_____	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA_____	3
Generalidades del cultivo_____	3
Requerimientos climáticos, de suelo y de agua_____	4
Requerimientos nutrimentales_____	7
Fertilizaciones al cultivo_____	14
Enfoques de interpretación del análisis de planta, suelo, agua y su importancia_____	17
Enfoques del diagnóstico nutrimental en la planta_____	24
Criterios del balance nutrimental en la planta_____	26
Características de la metodología DRIS como técnica de diagnóstico nutrimental_____	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS_____	29
Generalidades de Coahuila, Nuevo León_____	29
Antecedentes de Coahuila_____	29
Antecedentes de Nuevo León_____	31
Región de Arteaga, Coahuila_____	33
Región de Galeana, Nuevo León_____	35
Descripción del área de estudio_____	35
Localización del área de estudio_____	35
Ubicación de los sitios en el área de estudio_____	35
Selección de los sitios en el área de estudio_____	35
Tipos de suelo en el área de estudio_____	35
Tipos de aguas de riego en el área de estudio_____	38
Cultivares de papa en el área de estudio_____	34
El clima en el área de estudio_____	40
Muestreo y análisis de suelo_____	41
Obtención de muestras de suelo_____	41

Determinación de los análisis de suelo_____	41
Muestreo y análisis del agua de riego_____	42
Obtención de muestras del agua de riego_____	42
Determinación de los análisis del agua de riego_____	43
Muestreo y análisis de planta_____	43
Obtención de muestras de planta (hojas)_____	43
Determinación de los análisis de planta (hojas)_____	44
Obtención de muestras de planta (planta completa)_____	45
Producción de materia seca_____	45
Rendimiento de tubérculos_____	45
Metodología de diagnóstico_____	46
Diagnóstico nutrimental_____	46
Indices DRIS (I.D.)_____	48
Indices de desbalance nutricional (I.D.N.)_____	48
Orden del requerimiento nutrimental_____	48
Normas DRIS para papa_____	49
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN_____	51
Condiciones generales del clima_____	52
Análisis físicos y químicos del suelo_____	52
Análisis físicos del suelo_____	52
Análisis químicos del suelo_____	54
Análisis químicos del agua de riego_____	57
Análisis químicos de la planta_____	60
Contenido nutrimental en la planta_____	60
Extracción de nutrimentos por el cultivo_____	64
Producción de materia seca_____	67
Rendimiento de tubérculos_____	70
Diagnóstico nutrimental del cultivo_____	72
Indices DRIS (I.D.)_____	73
Indices de desbalance nutricional (I.D.N.)_____	75
Orden de requerimiento nutrimental_____	78
V. CONCLUSIONES_____	80
VI. RESÚMEN_____	82
VII. LITERATURA CITADA_____	86
VIII. ANEXOS_____	97

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
2.1. Características de las principales deficiencias presentadas por los excesos de algunos nutrimentos (Etchevers y Ojeda, 1995).1998. _____	11
2.2. Cantidades expresadas en kg ha ⁻¹ de los elementos esenciales en un suelo agrícola típico (Bonner y Galston, 1970).1998. _____	12
3.1. Características de los principales tipos de suelos en Arteaga, Coahuila (S.P.P. Síntesis Geográfica de Coahuila, 1983). 1998. _____	32
3.2. Características de los principales tipos de suelos en Galeana, Nuevo León (S.P.P. Síntesis Geográfica de Nuevo León,1981).1998. _____	34
3.3. Características de los principales tipos de suelos en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León, en los primeros 40 cm (INEGI. Cartas Geológicas, 1985).1998. _____	37
3.4. Características del cultivar Alpha en el cultivo de la papa. 1998. _____	38
3.5. Características del cultivar Gigant en el cultivo de la papa. 1998. _____	39
3.6. Características del cultivar Atlantic en el cultivo de la papa. 1998. _____	39
3.7. Características del cultivar Mondial en el cultivo de la papa. 1998. _____	40
3.8. Valores óptimos de concentración de nutrimentos en hojas de papa, según Reuter y Robinson, 1986).2004. _____	47
3.9. Valores óptimos de concentración de nutrimentos en hojas de papa, según Jones, <i>et. al.</i> , (1991).2004. _____	47

3.10.	Normas DRIS para papa obtenidas por García, (2000), en Coahuila y Nuevo León.2004._____	50
4.1.	Características físicas de suelo para cada uno de los sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León. 1998._____	53
4.2.	Características químicas de suelo para cada uno de los sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León 1998._____	55
4.3.	Características químicas del agua de riego de los sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.____	58
4.4.	Clasificación del agua de riego de los sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____	59
4.5.	Valores de los nutrimentos contenidos en las hojas del cultivo de papa en los sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____	61
4.6.	Relación de los macronutrimentos (N, P, K, Ca y Mg), y los micro nutrimentos (Fe, Mn, Cu y Zn), extraídos por el cultivo de papa, expresados en kg ha ⁻¹ , para cada uno de los sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____	65
4.7.	Producciones de materia seca (M.S.) ordenadas de mayor a menor para cada uno de los sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____	68
4.8.	Rendimientos de tubérculo ordenados de mayor a menor para cada uno de los sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____	71
4.9.	Índices DRIS (I.D.) obtenidos, para cada uno de los sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León. 1998._____	74
4.10.	Índices de desbalance nutricional (I.D.N.) ordenados de mayor a menor para cada uno de los sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____	76

4.11. Orden del requerimiento nutrimental para cada uno de los
sitios estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.
1998. _____ 79

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
3.1. Coordenadas geográficas de los estados de Coahuila y Nuevo León y de los municipios Arteaga y Galeana.1998._____	30
3.2. Localización de los sitios de estudio en la región de Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____	36
4.1. Correlación entre la temperatura y el rendimiento de tubérculos, en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____	52
4.2. Correlación entre la CIC y el rendimiento de tubérculos, en el en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____	56
4.3. Correlación entre la C.E.s. y el y el rendimiento de tubérculos, en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____	57
4.4. Correlación entre el nitrógeno total del suelo y el nitrógeno de la planta, en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____	62
4.5. Correlación entre el fósforo aprovechable del suelo y el fósforo de la planta, en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____	63
4.6. Correlación entre el potasio intercambiable del suelo y el potasio de la planta, en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____	63
4.7. Correlación entre el nitrógeno y el fósforo extraídos por el cultivo de papa en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____	66
4.8. Correlación directa entre el potasio, el calcio y el magnesio, extraídos por el cultivo de papa en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____	66

4.9.	Correlación directa entre el calcio y el fósforo, extraídos por el cultivo de papa en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____	67
4.10.	Correlación directa entre la producción de materia seca y las unidades calor, en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____	69
4.11.	Correlación directa entre la producción de materia seca y el rendimiento de tubérculos, en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____	69
4.12.	Correlación directa entre el rendimiento de tubérculos y los macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg), en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____	72
4.13.	Correlación directa entre el rendimiento de tubérculos y los micronutrientes (Fe, Mn, Cu y Zn), en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____	72
A.1.	Notación y nomenclatura_____	
A.2.	Temperaturas medias (°C) obtenidas de tres estaciones durante 1997 en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____	
A.3.	Contenidos de nitrógeno total, fósforo aprovechable y potasio intercambiable en el suelo, expresados en kg ha ⁻¹ , en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____	
A.4.	Cultivares de papa, rendimientos de tubérculos y producciones de materia seca, en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____	
A.5.	Muestreo de suelo en zig – zag en un terreno homogéneo en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, León Nuevo.1998._____	
A.6.	Densidad aparente (D.a.) en los suelos del área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____	

- A.7. Reacción del suelo (pH) en los suelos del área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____
- A.8. Materia orgánica (M.O.) en los suelos del área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____
- A.9. Carbonatos totales (CO_3^{-2}) en los suelos del área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____
- A.10. Capacidad de intercambio catiónico (CIC) en los suelos del área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____
- A.11. Conductividad eléctrica (C.E.) en los suelos del área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____
- A.12. Nitrógeno total (N t) en los suelos del área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998_____
- A.13. Fósforo aprovechable (P aprov.) en los suelos del área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998._____

I. INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La importancia de la papa como alimento se reconoce de manera general; hoy en día la papa se cultiva en casi todos los países del mundo, donde se emplea para el consumo humano, como alimento para el ganado y como materia prima para la industria. Los principales países productores son: Rusia con un 49.4 por ciento de la producción mundial, Polonia con un 16.2, la India con un 3.7, los Estados Unidos con un 3.2 y otros países con un 27.5. En México, la papa es uno de los principales cultivos hortícolas con aproximadamente 73,000 has cosechadas, de las que 23,360 has son de riego y 49,640 has de temporal. Los rendimientos más altos (más de 30 t ha⁻¹), se han alcanzado en los estados de Coahuila y Nuevo León. Uno de los principales problemas que existen en el cultivo de la papa en la región de Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León, son las dosis de nutrimentos y los desbalances nutrimentales, que afectan el desarrollo del cultivo y el rendimiento de tubérculos. Los elementos minerales sean estos macro elementos (N,P,K,Ca, Mg y S) y micro elementos (Fe,Zn, Mn, B, Cu, Mo, y Cl), se han considerado factor limitante de la producción. El desarrollo de las plantas se encuentra determinado por los factores climáticos, edáficos, ambientales así

como otros factores inherentes, algunos bajo el control del hombre, pero la gran mayoría fuera del alcance de él.

Objetivo

Realizar un diagnóstico nutrimental en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L.*), considerando el suelo, el agua de riego, la planta misma y en forma muy general las condiciones de clima, en las regiones de Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León; para determinar a través de la metodología DRIS, el desbalance nutricional del cultivo y con ello poder derivar recomendaciones de fertilización.

Hipótesis

La disponibilidad y suministro de macro y micro elementos como factores, limitan en gran parte el rendimiento del cultivo de papa; el suministro y la demanda de nutrimentos es diferente para cada uno de los sitios de estudio; existe insuficiencia o suficiencia de elementos, después de las aplicaciones de fertilizantes al cultivo; indica la metodología DRIS, un verdadero desbalance nutricional del cultivo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del cultivo

La papa es una planta herbácea anual y perene por su reproducción, debido a su propagación vegetativa. Los tallos son de dos tipos:

- a) Aéreos, de color verde, semierectos y/o rastreros
- b) Subterráneos, compuestos por rizomas llamados estolones.

Cada tallo aéreo origina de dos a tres tubérculos; las hojas son compuestas formadas por folíolos largos de forma ovoide. Las flores son perfectas de color blanco púrpura o veteadas de acuerdo a la variedad (Valadez, 1992).

Correl, (1952), menciona que la papa comercial corresponde a las especies *Solánium tuberosum L.*, *Solánium andigenum J.*, entre otras especies que se cultivan en América del Sur. Agrega que el género *Solánium* contiene alrededor de 2000 especies extendidas por todo el mundo.

La papa es considerada la dicotiledónea más importante como fuente de alimentación humana; ocupa el quinto lugar entre los principales cultivos del mundo, superada únicamente por gramíneas como el trigo, arroz, maíz y cebada (Pérez, 1997).

Metcalfé y Elkins, (1987), señalan la creencia de que la papa se cultivó por vez primera en Perú y fue llevada a España, Italia y Alemania, después de la conquista de Perú en el siglo XVI. Se introdujo en Irlanda en 1586 y se sembró como cultivo de campo antes de 1663, llegando a ser el alimento principal de ese país.

El porcentaje de tierra cultivada para la producción de papa oscila entre menos del 11 por ciento en Canadá y Estados Unidos, 18 por ciento o más en Holanda, Polonia y Rusia. Los países importantes por área cultivada son: Rusia, Polonia y China. Los rendimientos más altos son alcanzados en Holanda con más de 40 t ha⁻¹ (Fersini, 1979).

En nuestro país los estados productores son Sinaloa, Sonora, Guanajuato, Chihuahua y Michoacán, aunque los rendimientos más altos (más de 30 t ha⁻¹), se han obtenido en los estados de Coahuila y Nuevo León. (INEGI, 2004)

Requerimientos climáticos, de suelo y de agua

Fersini, (1979), señala que la papa prefiere climas templados sin excesos de humedad, que pueden obstaculizar la maduración de los tubérculos; no soporta temperaturas menores de 0°C, se adapta a terrenos diversos, con preferencia los de mediana textura, bien labrados, de fácil penetración del agua y bien provistos de materia orgánica descompuesta.

La temperatura es el principal factor climático que interviene en el crecimiento y rendimiento de la papa; las plantas prosperan mejor en tiempo uniformemente fresco, la variación de temperaturas óptimas, se considera que está entre 7.2 y 18.3 °C, con una media de 15.5 °C (Edmond, *et. al.*,1981).

Metcalf y Elkins, (1987), señalan que los factores climáticos y las propiedades del suelo, influyen mucho en el rendimiento y calidad de la papa. Agregan que es un cultivo de estación fría; la temperatura media de la estación de crecimiento es de 16 a 21°C, con una humedad de 30-46 cm, bien distribuidos en un período de 3 a 4 meses. Mencionan que los mejores suelos para la papa, son los terrenos francos bien drenados, sugieren no sembrarse en suelos arcillosos.

Ortiz, (1983), menciona que la papa prospera mejor en climas templados, sin excesos de humedad, considera que la temperatura óptima para las plantas oscila entre 7.2 y 18.3 °C. Agrega que la papa necesita agua de manera continua durante la etapa de crecimiento, donde requiere aproximadamente 50 cm de lámina. El requerimiento de agua en la primera etapa de desarrollo es poco, aumentando considerablemente en las siguientes etapas hasta la cosecha.

Maroto, (1989), señala que la papa requiere de climas templados-fríos, con temperatura óptima de 15 a 18 °C. Respecto a humedad, es un cultivo exigente, ya que para fabricar 1 kg de materia seca necesita alrededor de 300 kg de

agua. Requiere de suelos ligeros o semi ligeros, ricos en materia orgánica y profundos, puede soportar pH's del orden de 5.5-6.0.

Roberts, *et. al.*, (1975), citan que la papa produce altos rendimientos y calidad, cuando crece bajo condiciones de días largos calientes y noches frías y las temperaturas diarias requeridas durante el día son de 24 a 32.4 °C, con temperaturas frías por la noche de 15.6 a 18.4 °C. El tipo de suelo más apropiado para este cultivo es aquel con buen drenaje. Los requerimientos de agua varían de acuerdo al tipo de suelo y condición climática, considerando necesario de 40 a 75 cm, más las lluvias naturales que se presenten.

Elachkar, (1990), señala que en las regiones agrícolas es importante considerar las condiciones climáticas, edáficas y ecológicas. Agrega que es importante analizar y correlacionar los principales factores que más inciden en el rendimiento del cultivo.

Las papas prosperan mejor en aquellos lugares en los que durante la estación de crecimiento prevalecen las condiciones frescas; temperaturas altas en la época de tuberización conduce a rendimientos bajos. A medida que ascienden las temperaturas, la planta utiliza más de los carbohidratos producidos para el crecimiento de tallo y hojas, y por consecuencia existe una disminución de carbohidratos para el crecimiento de los tubérculos (Delorit y Ahlgren, 1983).

Alsina, (1976), cita que los principales factores que integran un clima son calor, humedad, luz y aire y que estos unidos al factor suelo constituyen el conjunto de causas que producen, sostienen y determinan las distintas y variadas especies vegetales. Agrega que todos y cada uno de estos factores son necesarios para la vida de las plantas.

Requerimientos nutrimentales

Existe considerable evidencia que tanto el nitrógeno (N) como el potasio (K), influyen en los rendimientos y calidad de papa. El impacto de los nutrimentos sobre los parámetros de calidad de papa bajo condiciones de campo, debe ser identificado de modo que puedan utilizarse prácticas óptimas de manejo (Westerman, *et. al.*, 1994).

Los elementos minerales que principalmente requiere la papa para su desarrollo y formación de tubérculos, son el nitrógeno, el fósforo, el potasio y el magnesio (Talavera, 1983).

Worthen, (1980), señala que las plantas obtienen la mayor parte de los elementos minerales de la solución del suelo. Agrega que la alimentación a través de las hojas puede ser útil para casos de emergencia. Finalmente indica que los elementos minerales al penetrar al interior de las plantas son utilizados en la formación de proteínas, membranas celulares y productos de reserva como azúcares, almidones y grasas.

Millar, *et. al.*, (1982), señalan que para obtener altos rendimientos, deberán de existir cantidades adecuadas de nutrimentos, un balance entre los mismos y estar en las formas que puedan ser asimilados por las plantas.

Las plantas deberán contener una concentración suficiente de cada uno de los nutrimentos, para mantener así un nivel óptimo de crecimiento y producir excelentes rendimientos. La concentración de los elementos dependerá de las funciones que el elemento en cuestión desempeñe en la fisiología de las plantas (Pelletier, 1966).

Drake y Colby, (1971), indican que las plantas obtienen cationes como el calcio (Ca^{+2}), magnesio (Mg^{+2}) y el potasio (K^{+1}) de la solución del suelo y de los coloides. Agregan que con respecto a la competencia por la absorción de tales cationes entre los coloides de la raíz y los del suelo, ésta se hace más crítica a medida que la proporción en el suelo se reduce, por lo que en muchos suelos el contenido disminuye durante el crecimiento de las plantas, debido a la fuerte absorción que éstas realizan.

Respecto a la absorción de elementos minerales por los vegetales, es requisito indispensable que estos se encuentren disueltos en el agua del suelo, ya que de no ser así, no será posible el desarrollo o crecimiento de las plantas, cuando en el suelo exista falta de humedad (Chena, 1967).

Fernández, (1968), señala que la papa extrae del suelo para un rendimiento de 20 t ha^{-1} , las siguientes cantidades de nutrimentos: 70.7 kg ha^{-1} de N, 30.3 kg ha^{-1} de P_2O_5 y $101. \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O .

Andrade, (1995), encontró que el cultivo de la papa establecida en suelos de la región del Huachichil, en Arteaga, Coahuila, requiere de: Zn, Mg, K, Ca, P, Cu, N, Mn y Fe, utilizando la metodología Dosis Óptima Porcentual (DOP) y K, P y N utilizando la metodología DRIS. Concluye con respecto a la extracción de K, Ca y Mg por el cultivo, que tales nutrimentos muestran una correlación directa de mayor extracción en la etapa de floración (mitad de ciclo del cultivo).

Tisdale y Nelson, (1982), citan que aparte del nitrógeno, el fósforo y el potasio, las plantas requieren el suministro de elementos menores, los cuales son importantes para un buen desarrollo. Agregan que tanto los excesos como las carencias de los elementos, pueden ocasionar un mal funcionamiento en las plantas y disminuir los rendimientos.

Rodríguez, (1982), menciona que la asimilación de los elementos minerales por las plantas, de acuerdo a sus formas químicas varía principalmente según la especie y en forma secundaria por otros factores entre ellos las condiciones de clima, de suelo, de agua, el estado de crecimiento y el manejo de cultivo entre otros.

Ramis, (1991), señala que la demanda de un determinado nutrimento, va variando de una semana a otra, ya que a medida que la planta lleva el fruto a su madurez, suele decrecer la demanda de nitrógeno; por su parte cultivos que no llevan los frutos a maduración, tienen elevadas necesidades de nitrógeno durante todo el ciclo. Agrega que a medida que el crecimiento es más rápido, las necesidades de nutrimentos son muy elevadas, presentándose un momento de máxima exigencia, como sucede durante la fase de crecimiento del tallo en las papas.

El hidrógeno, el carbono y el oxígeno, penetran a la planta en forma de dióxido de carbono (CO_2) que atraviesa las hojas o en forma de agua (H_2O), que penetra a través de las raíces; sin embargo, los demás nutrimentos penetran a la planta a través de las raíces como cationes: NH_4^{+1} , Ca^{+2} y K^{+1} ó bien como aniones: NO_3^{-1} , SO_4^{-2} ó los fosfatos: $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$ y HPO_4^{-2} (Ramis, 1991). Señala además que las cantidades aproximadas de nutrimentos extraídos anualmente por el cultivo de la papa, para un rendimiento de 50 t ha^{-1} , son: 180 kg ha^{-1} de N, 50 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 240 kg ha^{-1} de K_2O , 10 kg ha^{-1} de Ca, 15 kg ha^{-1} de Mg y 20 kg ha^{-1} de S, con una producción de 10 t ha^{-1} de materia seca.

Cepeda, (1991), cita que los cationes adsorbidos en las partículas de arcilla en suelos de regiones áridas son: $\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > \text{Na}^{+1} > \text{K}^{+1} > \text{H}^{+1}$. Agrega que la aproximación del catión a la micela, está limitado por el agua de hidratación que lleva consigo, ya que cuanto mayor sea la carga y menor el tamaño del ion hidratado, mayor es la dimensión en estado de hidratación. Finalmente,

menciona que los aniones intercambiables más comunes son: Cloruros (Cl^{-1}) sulfatos (SO_4^{-2}), nitratos (NO_3^{-1}), fosfatos ($\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$) carbonatos (CO_3^{-2}) y bicarbonatos (HCO_3^{-1}).

Etchevers y Ojeda, (1995) indican que algunas de las principales deficiencias de nutrimentos son inducidas por otros, como se aprecia en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. Características de las principales deficiencias presentadas por los excesos de algunos nutrimentos (Etchevers y Ojeda, 1995), 1998.

Excesos de	Inducen deficiencias de	Observaciones
NH₄, Na, H	K, Ca	Antagonismo y competencia en la absorción
Ca	K, Mg, P, Fe, B	Antagonismo y cambio de pH. Rápido desarrollo de la planta
NO₃	K, Mo	Rápido desarrollo de la planta. Precipitación de K y Mo
SO₄	Ca	Precipitación
HPO₄	Ca, Fe, Zn	Cambios metabólicos
Fe	Mn, P	Antagonismo, Precipitación
Cu, Zn	Fe, Mn	Antagonismo
N	Fe	Antagonismo
Al	P	Precipitación
B	Mo	Antagonismo

Parsons, *et. al.*, (1987), mencionan que para obtener una buena producción de papa se requieren de altos niveles de fertilidad, indican, que rendimientos de 40 t ha⁻¹, extraen del suelo las siguientes cantidades de nutrimentos: 139 kg ha⁻¹ de N, 21kg ha⁻¹ de P₂O₅, 165 kg ha⁻¹ de K₂O, 9 kg ha⁻¹ de Ca, 15 kg ha⁻¹ de Mg y 15 kg ha⁻¹ de S, así como cantidades mínimas de elementos menores.

El fósforo absorbido de la solución del suelo, es en la forma de fosfato diácido ($\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$), el cual reacciona rápidamente con otros elementos químicos del suelo, formándose compuestos menos solubles, por lo que cantidades muy mínimas quedan disponibles para las plantas (Beukama y Vander, 1979).

Flores, (1993), indica que el requerimiento nutrimental encontrado para el cultivo de la papa establecida en suelos de Navidad, en la región de Galeana, Nuevo León es: $\text{K} > \text{P} > \text{N}$

Bonner y Galston, (1970), señalan que las concentraciones y cantidades de los elementos esenciales para la nutrición vegetal en un suelo agrícola típico, es como lo muestra el Cuadro 2.2.

Cuadro 2.2. Cantidades expresadas en kg ha^{-1} de los elementos esenciales en un suelo agrícola típico (Bonner y Galston, 1970), 1998.

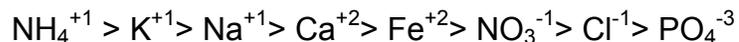
Elemento esencial	Por ciento en el suelo	Cantidad en kg ha^{-1}
Fe	3.5	78,400
K	1.5	33,600
Ca	0.5	11,200
Mg	0.4	8,960
N	0.1	2,240
P	0.06	1,340
S	0.05	1,120
Mn	0.05	1,120
B	0.002	44.8
Zn	0.001	22.4
Cu	0.0005	5.6
Mo	0.0001	2.2

Box y Terrón, (1970), mencionan que la influencia de la luz (la intensidad), sobre la absorción de los elementos por las plantas, se da conforme la siguiente serie decreciente:



donde concluyen, que la luz tiene una fuerte influencia sobre la absorción de calcio, mientras que para potasio, existe una nula influencia. Agregan además, que la evapotranspiración (ET) también repercute sobre la cantidad de iones absorbidos, donde se ha encontrado una alta absorción de calcio y una baja absorción de magnesio y nitrato cuando ésta disminuye y una escasa influencia sobre la absorción del potasio y los fosfatos.

Mokadi y Low, (1968), citan que las plantas absorben del suelo tanto los cationes como los aniones, separadamente y a diferentes concentraciones con preferencia de un ion a otro. Así mismo mencionan que los elementos móviles y los muy poco móviles son representados de acuerdo a la siguiente serie:



El contenido de elementos minerales en las hojas aumenta durante el día y disminuye durante la noche, estando en relación con la evapotranspiración. El calcio, es considerado elemento poco móvil en el interior de la planta, apreciándose diferencias en hojas jóvenes, se fija en el interior en forma de acetato de calcio o se cristaliza bajo la forma de oxalato de calcio (Box y Terrón, 1970). Así también señalan que el calcio plasmoliza el citoplasma, mientras que

el potasio lo pone turgente; el calcio disminuye la permeabilidad de la membrana celular, que impide un menor o mayor grado la entrada de otros cationes. El calcio, aumenta la transpiración en la planta mientras que el potasio contribuye a limitarla y finalmente el calcio disminuye la absorción del agua por las raíces.

Fertilizaciones al cultivo

Metcalf y Elkins, (1987), reportan que para el estado de Arizona se recomiendan de 896 a 1,120 kg ha⁻¹ de la proporción 1-3-0 para la papa, aplicando todo al momento de la siembra o también aplicando la mitad o una tercera parte al voleo antes de las operaciones de labranza. Agregan que para el caso del estado de Idaho las recomendaciones de fertilización para la papa son: 1-1-1; 1-2-1; 1-2-2 ; 2-3-3.

Ramis, (1991), indica que las fertilizaciones al cultivo de la papa en Inglaterra son de 50-220 kg ha⁻¹ de N, de 110-350 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y de 100-300 kg ha⁻¹ de K₂O; mientras que para el sureste de Escocia es de 110-210 kg ha⁻¹ de N, de 110-220 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y de 120-300 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente.

Martínez, (1974), cita que la fertilización en un sistema de producción, viene a ser uno de los aspectos de mayor importancia para la producción máxima de un cultivo, por lo que para conocer la dosis óptima de fertilización es necesario definir las relaciones entre el estado nutricional de la planta y el rendimiento.

Andrade, (1995), en un trabajo de investigación llevado a cabo en la localidad del Huachichil en Arteaga, Coahuila sobre el balance nutricional en el cultivo de la papa, encontró que la mejor dosis de fertilización fue: 200 kg ha⁻¹ de N, 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 300 kg ha⁻¹ de K₂O.

Rodríguez, (1982), reporta que rendimientos de 55 t ha⁻¹ en el cultivo de papa en Argentina, requieren de 305 kg ha⁻¹ de N, 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 615 kg ha⁻¹ de K₂O, así como 55 kg ha⁻¹ de MgO y 25 kg ha⁻¹ de S.

Ramis, (1991), encontró que un rendimiento de 50 t ha⁻¹ de papa en suelos de Inglaterra, extraen del suelo anualmente las siguientes cantidades de nutrimentos: 180 kg ha⁻¹ de N, 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 240 kg ha⁻¹ de K₂O, 10 kg ha⁻¹ de Ca, 15 kg ha⁻¹ de Mg y 20 kg ha⁻¹ de S y con un rendimiento de materia seca de 10 t ha⁻¹.

Castaños, (1993), menciona que la fertilización requerida por el cultivo de papa en regiones productoras del país, es de 170-340 kg ha⁻¹ de N, la mitad o las dos terceras partes a la siembra y el resto antes de 60 días, 135 kg ha⁻¹ de P₂O₅ en bandas a 5 cm de distancia y 5 cm debajo de la semilla; 110-220 kg ha⁻¹ de K₂O antes de la siembra; otros elementos como Zn si el nivel está por debajo de 0.6-0.8 ppm, y Mn, cuando el análisis reporte concentraciones menores de 10-15 ppm.

Cooke, (1975), señala que rendimientos de 50 t ha^{-1} en el cultivo de papa en Inglaterra, requieren de $100\text{--}150 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, $175\text{--}200 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 , $113\text{--}190 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O , 10 kg ha^{-1} de CaO, 15 kg ha^{-1} de MgO y 20 kg ha^{-1} de S, respectivamente.

Parsons, *et. al.*, (1987), por su parte indican que rendimientos de 40 t ha^{-1} de papa extraen del suelo 139 kg ha^{-1} de N, 21 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 165 kg ha^{-1} de K_2O , 8 kg ha^{-1} de CaO, 15 kg ha^{-1} de MgO y 15 kg ha^{-1} de S, así como cantidades mínimas de elementos menores.

Flores, (1993), cita que la media de fertilización que realizan al cultivo de la papa, productores de la región de Navidad en Galeana, Nuevo León es de 220 kg ha^{-1} de N, 400 kg ha^{-1} de P_2O_5 y 370 kg ha^{-1} de K_2O . En un trabajo de investigación realizado, encontró que el tratamiento que mostró mejor respuesta a rendimiento fue: 165 kg ha^{-1} de N, 400 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 278 kg ha^{-1} de K_2O más 200 kg ha^{-1} de Humiplex-Plus.

Una producción máxima de papa requiere frecuentemente de la fertilización nitrogenada y potásica. Las aplicaciones de nitrógeno como las de potasio incrementan los rendimientos, sin embargo, las dosis de 336 kg ha^{-1} de N, disminuyen los rendimientos y 448 kg ha^{-1} de K, aumentan tales rendimientos (Westerman, *et. al.*, 1994).

Enfoques de interpretación del análisis de planta, suelo, agua, y su importancia.

Melsted, *et. al.*, (1969), señalan que el análisis de plantas puede ser un instrumento en el diagnóstico de bajos rendimientos. Así mismo, indican de algunas variaciones que pueden ocurrir en la composición de las plantas, como resultado de las condiciones de suelo, clima y tipo de cultivo.

Sumner, (1979), reporta que el balance de nutrimentos en la planta se puede establecer en un nivel bajo o en un nivel alto. Agrega que un balance nutrimental establecido en un nivel bajo representará por sí mismo el factor limitante de la producción mientras que el balance en su nivel alto indicará que la planta podrá estar en condiciones de aprovechar con una mayor eficiencia otros factores del medio ambiente.

Bould, (1969), indica que el objetivo del análisis foliar, es establecer primeramente los niveles de nutrimentos que están por debajo de los que presentan síntomas de deficiencia en las plantas, y en segundo, definir los valores nutrimentales asociados con el crecimiento y rendimiento óptimo.

Los análisis foliares pueden ser interpretados con diversos enfoques, como: valores críticos, normas y rangos de suficiencia (Beaufils, 1973).

Andrade, (1995), menciona que un análisis foliar realizado en la etapa de floración en el cultivo de papa, en suelos de la región del Huachichil en Arteaga, Coahuila, encontró niveles deficientes de potasio y magnesio, debido al desbalance entre potasio, calcio y magnesio.

Alvarez, (1970), cita que una de las formas más eficaces para estudiar los problemas de nutrición vegetal, es a través de análisis de tejidos, donde se puede determinar la importancia de cada uno de los elementos nutrimentales dentro de la planta, la forma en que intervienen en su desarrollo y los daños que pueden ocasionar la insuficiencia o suficiencia de los mismos, de acuerdo al medio en que son desarrolladas las especies vegetales.

El análisis de plantas, que se introdujo por Justus Von Liebig en 1840, como un medio para determinar las necesidades de nutrimentos del suelo mediante la determinación de nutrimentos absorbidos por las plantas; Weinhold (1862), concibió la idea de utilizar el análisis de plantas como un índice del suplemento de nutrimentos disponibles. La aplicación inicial de las técnicas de análisis de plantas en tiempos más recientes, ha sido relacionada con diversos árboles frutales (Kenworthy, 1961).

Alcantar, *et. al.*, (1992), señalan que para resolver los problemas de nutrición en los cultivos se han desarrollado diversas metodologías de diagnóstico con efectividad y precisión, mencionan así mismo que el análisis vegetal es una técnica de reciente aplicación que se utiliza para identificar anomalías

nutrimentales, y se efectúa con fines de diagnóstico para evaluar el estado nutricional de los cultivos.

Davee, *et. al.*, (1986), señalan que la fase importante de un análisis de plantas es la recolección de la muestra, indican que la composición de la muestra varía con la edad, la porción de la parte muestreada, la variedad, el clima y otros factores.

Summer, (1985), observó que después de la etapa de floración en árboles de durazno para el caso de nitrógeno, la concentración disminuyó, mientras que la concentración de calcio, se incrementó. Concluye que la concentración de ambos nutrientes depende de la edad de la hoja, al inicio y después de la floración.

Smith, (1962), reporta que en el caso de los árboles frutales, en la gran mayoría de los casos, las concentraciones de los nutrientes N, P, K y Zn, disminuyen en relación a la edad de la hoja, sucediendo lo contrario para el caso de los elementos Ca, Mg, Mn, Fe, Al y B, los cuales tienden a incrementar su concentración.

Foth y Turk, (1975), indican que la acumulación de nutrientes en la planta, cuando es joven ocurre en un grado más rápido que el aumento de peso, sucediendo lo contrario cuando la planta llega a la madurez, causando esto una

declinación en la concentración de elementos al ir aumentando la edad de la planta.

Ortega, (1967), señala que el muestreo de suelos es una de las facetas importantes para la obtención de datos confiables de la situación actual de un suelo para una correcta aplicación de fertilizantes. Agrega que la homogeneidad de un suelo determina el número de muestras que deben colectarse, por ejemplo, para un terreno homogéneo una muestra compuesta de 15 submuestras por cada 15 ha. Para terrenos heterogéneos, dividir el área de acuerdo a los distintos tipos de suelo.

Mortvedt, *et. al.*, (1983), citan que el suelo es un medio de crecimiento, formado en las capas externas de la corteza terrestre, por la acción conjunta de los agentes atmosféricos y los seres vivos en el transcurso del tiempo. Así mismo, agregan que sus principales funciones son:

- a) Atrapar y retener nutrimentos
- b) Servir de anclaje para las plantas
- c) Permitir la evacuación de excesos o sobrantes, sean estos gases, líquidos ó sólidos.

Alcántar, *et. al.*, (1992), mencionan que el análisis químico de suelos se practica con dos objetivos:

1. La caracterización química del material
2. La determinación del potencial de abastecimiento de

nutrimentos para las plantas.

Señalan así mismo, que se utilizan métodos que tratan de simular la actividad de extracción de nutrimentos, ejercida por la acción de las raíces de las plantas durante el período de crecimiento dado. También se usa frecuentemente para derivar recomendaciones de fertilización.

Grande, (1974), señala que las muestras de suelo deben de obtenerse según los objetivos del análisis y en general para cada caso en particular y que representen cada situación específica o problema que presente el terreno agrícola que será muestreado. Menciona además que las técnicas de muestreo son diferentes cuando se trata de una recomendación de fertilización, que cuando se trata de la rehabilitación de un área salina.

Mortvedt, (1983), cita que entre los principales problemas que se presentan en los suelos calcáreos cultivados, se encuentran los relacionados con la disponibilidad de ciertos nutrimentos para las plantas. Los elementos que normalmente presentan baja disponibilidad bajo estas condiciones son: P, Fe, Zn, Mn, Cu y B.

Millar, *et. al.*, (1984), reportan que un suelo calcáreo contiene carbonato de calcio (CaCO_3) y que cuando este es tratado con ácido clorhídrico (HCl), se produce un desprendimiento de dióxido de carbono (CO_2). Agregan que el carbonato de calcio (CaCO_3) es relativamente insoluble, pero cuando está presente en el suelo, forma una presión constante que satura el intercambio con

calcio, de tal manera que los suelos calcáreos están saturados cien por ciento de bases y el pH está controlado principalmente por la hidrólisis del CaCO_3 .

Beukema y Vander, (1979), mencionan que las plantas absorben el fósforo de la solución del suelo en la forma de fosfato diácido ($\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$), el cual reacciona rápidamente con otros elementos químicos del suelo formándose compuestos poco solubles, por lo que cantidades muy pequeñas se hacen disponibles para las plantas.

Los iones potásicos del suelo facilitan la absorción del agua por las raíces, disminuyendo la evapotranspiración (E.T.), por el contrario los iones cálcicos frenan tal absorción del agua por la raíz e incrementa la E.T. por ello el calcio y el potasio son antagónicos desde este punto de vista (Mateo y Terrón, 1970).

Ortiz, (1992), menciona que el riego se convierte en una práctica necesaria, cuando la precipitación no es suficiente para satisfacer las demandas hídricas de los cultivos agrícolas. Sin embargo, agrega que las aguas de riego llevan consigo siempre diversos componentes en solución o suspensión y que tales componentes asociados al agua pueden tener un efecto negativo sobre el desarrollo de las plantas.

Ortiz y Ortiz, (1990), citan que el agua en las plantas es utilizada para las reacciones de fotosíntesis, donde se producen los azúcares, tiene participación en varias reacciones metabólicas dentro de la planta y constituyendo alrededor

de las 3/4 partes o más del peso de las plantas. Agregan que un cultivo de papa tiene un requerimiento de agua de 500 a 700 mm por ciclo, con una eficiencia en la utilización de la misma de 4 a 7 por ciento para la producción de cosecha (kg de producto por m³ de agua suministrada).

Daubenmire, (1990), señala que en la fisiología vegetal, el agua es de suma importancia por muchos aspectos, ya que es considerado el solvente universal que disuelve todos los minerales contenidos en el suelo y constituye además el medio por el cual los solutos penetran en la planta donde fluye por los tejidos y permitiendo así la solubilización y la ionización en la planta.

Las demandas de agua por un cultivo responden a las propias características morfológicas y fisiológicas de la especie en su crecimiento (fase cuantitativa) y de desarrollo normal (fase cualitativa). Sin embargo y respecto a las condiciones ambientales, en los climas cálidos las demandas hídricas son mayores con respecto a los climas fríos, debido al proceso evapotranspirativo de las plantas. (Rodríguez, 1982). Menciona también que el promedio de agua requerido por el cultivo de papa, es diferente para cada clima, así por ejemplo en un clima frío requiere 0.406 cm por día, en un clima moderado 0.508 cm por día y en un clima caliente 0.609 cm por día, respectivamente.

Edmond, *et. al.*, (1981), señalan que el agua (H₂O) es el solvente y medio de transporte de todos los elementos, hormonas, vitaminas y compuestos que proveen los alimentos esenciales. Se combina con el dióxido de carbono (CO₂)

para formar sustancias iniciales en la fotosíntesis, combinándose también con el almidón y compuestos afines para la formación de la glucosa en la respiración y en una forma más particular mantiene la turgencia en las células vivas.

Pérez, *et. al.*, (1997), indican que el manejo inadecuado del agua es el peor enemigo de las hortalizas y que las plantas no deben tener limitaciones. Mencionan, que el volúmen de agua a aplicar está en función de las necesidades intrínsecas del cultivo y finalmente proporcionar el agua a medida que las plantas se desarrollan ya que sus requerimientos hídricos se incrementan.

Alcántar, *et. al.*, (1992), reportan que el análisis de una muestra de agua puede tener muchos propósitos, sin embargo, para los fines agrícolas es importante la composición del agua respecto a las cantidades de sales disueltas, que pueden ser dañinas para los cultivos.

Enfoques del diagnóstico nutrimental en la planta

Las plantas de estudio deberán contener una concentración suficiente de cada uno de los nutrimentos, para mantener así un nivel óptimo de crecimiento y producir excelentes rendimientos. Tales concentraciones dependerán de las funciones que el elemento en cuestión desempeñe en la fisiología de las plantas, (Pelletier, 1966).

Bould, (1966), señala que el estado nutrimental de las plantas se ve reflejado en su composición y está en función directa de las variables de nutrición que son: intensidad, capacidad y balance.

Zúñiga, (1993), indica que los bajos rendimientos no siempre son el resultado de una condición nutrimental, sino que además deben considerarse los aspectos de manejo de suelo, agua y ambiente, el cual permitirán un mejor diagnóstico.

Howeler, (1994), menciona que un diagnóstico del estado nutrimental de una planta se puede hacer con base en observaciones visuales, de síntomas de deficiencias o de toxicidad, con base en análisis de suelos y con base en análisis del tejido vegetal. Sin embargo, agrega que el análisis del tejido vegetal tiene una ventaja: indica el contenido total de nutrimentos y no como la fracción denominada disponible que reporta el análisis de suelo.

Ramis, (1991), cita que las plantas que crecen con suficiente cantidad de luz, calor, oxígeno atmosférico, dióxido de carbono y con suficiente cantidad de agua y nutrimentos, desarrollan un potente sistema radical que les confiere un sólido anclaje y una mayor absorción de nutrimentos.

El contenido de nutrimentos en una planta es tributario de muchos factores, siempre presentes a la vez, pero nunca en una dosis constante. (Mateo y Urbano, 1970).

Rojas, (1993), indica que la absorción de nutrimentos que las plantas realizan, es en la forma de iones; y eventualmente se absorben en moléculas, vía-hoja ó vía-raíz. Agrega que la absorción iónica sigue el proceso del modelo de Michaelis Menten; respecto al equilibrio de tales iones contenidos en la célula con el medio, la absorción ocurre conforme a la ecuación de equilibrio de Donan, mientras que las moléculas entran a la planta de acuerdo con su solubilidad en las grasas.

Criterios del balance nutrimental en la planta

Millar, *et. al.*, (1982), señalan que para obtener altos rendimientos deben existir cantidades adecuadas de nutrimentos, un balance adecuado entre los mismos y estar en las formas que puedan ser asimilados por las plantas.

García, (1989), indica que con base en los requerimientos de elementos del cultivo que se trate, se hace importante considerar el balance nutrimental, donde este se fundamenta en que sólo se obtienen crecimientos óptimos, cuando se mantienen niveles o rangos óptimos de nutrimentos.

Sumner, (1979), cita que un balance nutrimental se puede establecer en un nivel bajo o un nivel alto. Menciona que un balance en un nivel bajo representa por sí mismo el factor limitante de la producción, mientras que en un balance en

un nivel alto, las plantas podrán estar en condiciones de aprovechar con mayor eficiencia otros factores del medio ambiente.

Drake y Colby, (1971), reportan que tanto los elementos mayores así como los menores, satisfacen numerosas exigencias en la fisiología de los vegetales, que deben cumplirse satisfactoriamente para poder lograr buenos rendimientos.

Davee, *et. al.*, (1986), señalan, que cuando los índices de desbalance nutrimental (I.D.N.) tienden a ser cero, la planta logra a un adecuado balance desde el punto de vista nutrimental. Agrega que un índice es la suma de valores absolutos de todos los nutrimentos contenidos en una muestra. Menciona finalmente que a medida que el valor en cuestión es mayor, indicará un mayor desbalance que podrá repercutir en un menor rendimiento.

Características de la metodología DRIS como técnica de diagnóstico nutrimental.

Sumner y Boswell, (1981), citan que la metodología DRIS, analiza el balance nutrimental en la planta y permite realizar diagnósticos a partir de análisis foliares, estableciendo un orden limitante de los nutrimentos.

Zúñiga, (1993), menciona que la principal ventaja de la metodología DRIS es que establece un orden de requerimiento nutrimental del cultivo en estudio.

Beaufils, (1975), señala que el método DRIS fue concebido como un sistema que puede ser usado para calibrar los factores de producción, de la planta, suelo, medio ambiente y manejo, así como sus interacciones recíprocas.

Sumner, (1986), cita, que las principales ventajas de la metodología DRIS son:

- a) Toma en cuenta el balance nutrimental.
- b) Ordena los elementos contenidos en la planta de acuerdo a su requerimiento.
- c) Efectúa un diagnóstico del estado nutrimental, en cualquier etapa de desarrollo del cultivo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación, se inició a partir de Febrero de 1997 y concluyó en Noviembre de 1998.

Generalidades de Coahuila y Nuevo León

Antecedentes de Coahuila y Nuevo León

El estado de Coahuila, se localiza entre los paralelos 24° 32' y 29° 31' de latitud norte y entre los meridianos 99° 58' y 103° 57' de longitud oeste (Figura 3.1.), con una extensión territorial de 151,578 km² (15,157,800 ha), (SARH, 1980). Tiene un clima seco y extremoso, con régimen de lluvias en verano. Los suelos predominantes, son Calcisoles (45.3%), Leptosoles (38.0%), Regosoles (13.4%) y Vertisoles (2.1%), (INEGI, 1998). 263,604 ha son agricultura de riego y 189,662 ha están consideradas como agricultura de temporal (SARH, 1980). Por su parte el estado de Nuevo León, se localiza entre los paralelos 23° 10' y 27° 46' de latitud norte y entre los meridianos 98° 26' y 101° 13' de longitud oeste (Figura 3.1.), con una superficie de 64,210 km² (6,421,000 ha), (SARH, 1980). El clima tipo templado sub-húmedo y seco, con una temperatura media anual que varía entre los 15 y 20 °C, (SARH, 1980). Predominan los suelos Calcisoles (50.5%), Leptosoles (3.25), Vertisoles (12.0%), Kastañozem (3.0%) y Regosoles (2.1%) (INEGI, 1998).

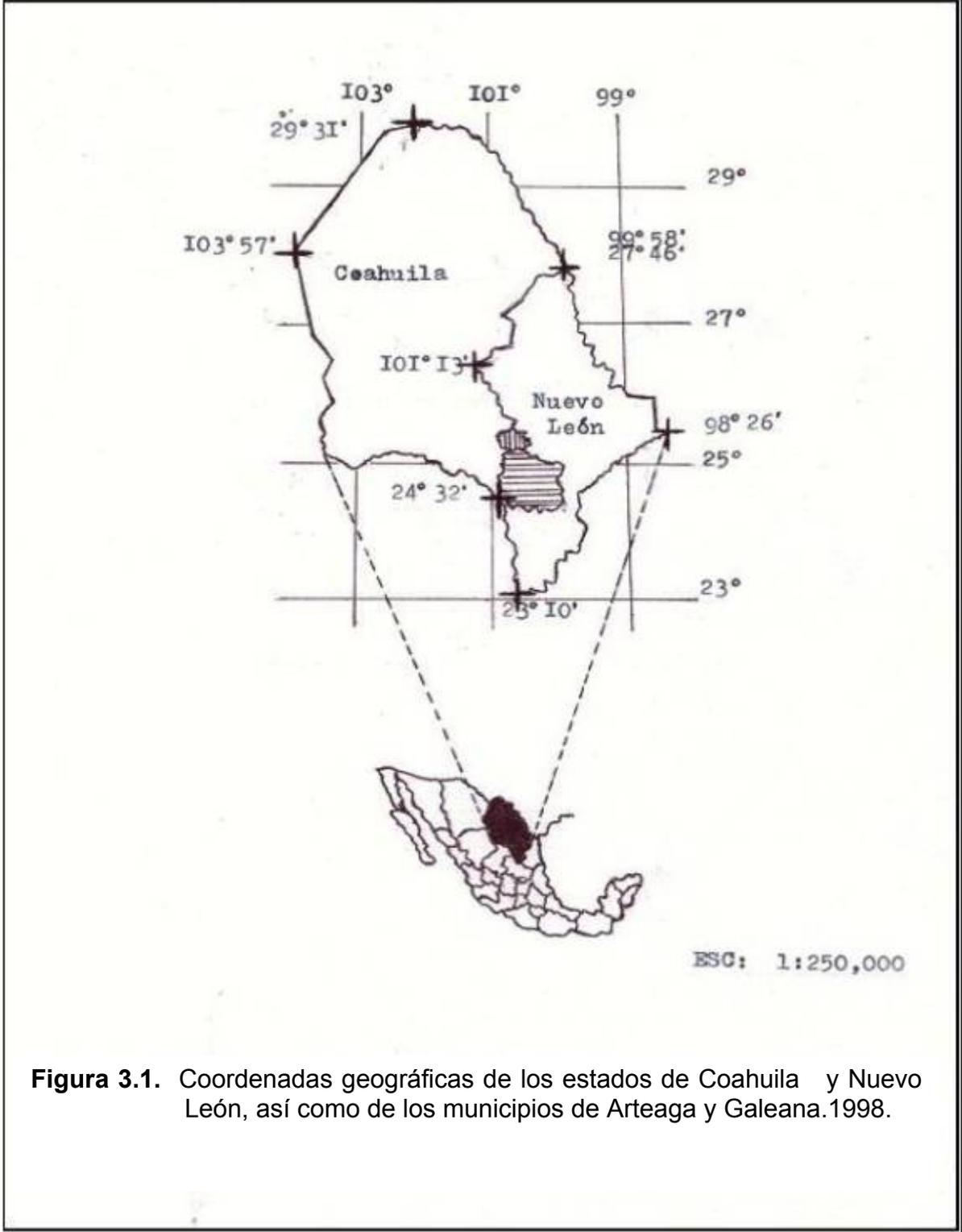


Figura 3.1. Coordenadas geográficas de los estados de Coahuila y Nuevo León, así como de los municipios de Arteaga y Galeana.1998.

La superficie total agrícola es de 105,360 ha, de las que 6,640 ha son de riego y 98, 720 ha son de temporal (SARH, 1980).

Región de Arteaga, Coahuila

Se localiza al sureste del estado de Coahuila (Figura 3.1.) entre las coordenadas 100° 12' 49" y 100° 53' 22" de longitud oeste y entre los paralelos 25° 07' y 25° 31' de latitud norte a una altura media sobre el nivel del mar de 1730 m. Tiene una superficie de 1,818.60 km², que equivalen a 181,860 ha. El clima de la región es del tipo **BS₁kx'**, según la clasificación de Koppen modificado por Enriqueta García, (1973), es decir semi-seco templado, con lluvias escasas todo el año. La superficie total de riego es 1,808 has y 11, 170 has de temporal. Se dedican al cultivo de la papa alrededor de 1,405 has, que arrojan una media de producción de 37.2 t ha⁻¹. La fertilización media, realizada al cultivo de la papa en la región es de: 151 unidades de nitrógeno (N), 390 unidades de fósforo (P₂O₅) y 310 unidades de potasio (K₂O). Los principales cultivares que se establecen son: Alpha, Atlantic, Gigant y Mondial. Los suelos que predominan en la región son los Calcisoles cálcicos principalmente, los Kastañozem cálcicos, los Kastañozem háplicos y algunos Feozém calcáricos. Algunas características se aprecian en el Cuadro 3.1. El agua, para irrigar las tierras de cultivo se obtiene del subsuelo principalmente.

Cuadro 3.1. Características de los principales tipos de suelos en Arteaga, Coahuila (S.P.P. Síntesis Geográfica de Coahuila, 1983).1998.

			Profundidad (cm)	Reacción al HCl dil.	Textura	Estructura	Porosidad	Raíces muy Finas	Raíces Finas	Raíces Medias	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	C.E. (mmhoscm ⁻¹)	pH	M.O. (%)	ClC (meq/100g ⁻¹)	K (meqL ⁻¹)	Ca (meqL ⁻¹)	Mg (meqL ⁻¹)	Na (meqL ⁻¹)
CALCISOL CALCICO																					
Horizontes de estudio																					
A ₁₁	00-29	M	Arcill	B _{SA}		F	E	ME	42	24	34	<2,0	8,3	0,5	23,8	1,0	18,8	1,4	0,1		
B ₁₁	29-56	F	Arcill	B _{SA}		E	E	ME	50	20	26	<2,0	8,2	0,9	23,8	0,4	18,8	1,5	0,1		
B ₁₂	56-100	F	Arcill	B _{SA}					22	26	22	2,5	7,8	0,5	17,5	0,2	18,8	1,9	0,2		
CASTAÑOZEM CALCICO																					
Horizontes de estudio																					
A ₁	00-27	M	M-Arcill	L _A	A _B	F	F	E	36	42	22	<2	8,4	3,6	26,0	2,7	40,9	11,1	0,5		
B ₁	27-49	M	M-Arcill	G _R	A _B	F	E	E	40	38	22	<2	8,4	1,2	31,2	2,4	35,3	19,4	0,5		
B ₂₁	49-80	M	M-Arcill	C _U	A _B	E	E	ME	38	36	26	<2	8,4	1,9	34,2	0,8	27,3	14,7	0,4		
B ₂₂	80-120	M	M-Arcill	G _R	A _B				40	36	24	<2	8,7	1,4	38,0	1,2	33,6	23,6	1,4		
C	120-160	M	M-Arcill	G _R	A _B				38	40	22	>2	8,4	1,2	30,0	0,5	45,7	6,9	3,6		
CASTAÑOZEM HAPLICO																					
Horizontes de estudio																					
A ₁₁	00-08	D	M-Arcill	C _U	A _B				32	32	36	<2	8,0	1,1	22,5	1,8	12,7	5,6	0,3		
A ₁₂	08 a 18	MD	Arcill	G _R	A _B				44	22	34	>2	7,8	1,7	31,0	1,5	15,3	5,0	0,6		
B ₁	18-35	N	Arcill	C _{L-C}	M _O	ME	ME	ME	48	16	36	>2	7,7	1,3	27,7	1,2	24,8	8,0	0,4		
B ₂₁	35-87	N	M-A-Arcill	C _L	M _O				22	20	58	<2	7,6	0,4	15,7	1,0	11,5	3,6	0,5		
B ₂₂	87-150	F	Arcill	C _L	M _O				42	22	36	<2	7,6	0,4	30,2	0,3	9,5	3,6	0,4		
FEOZEM CALCARICO																					
Horizontes de estudio																					
A ₁₁	00-20	MF	Arcill	B _{S-A}	P _O	MA	A	E	40	24	36	<2	7,9	3,3	26,3	0,4	25,0	2,6	0,2		
A ₁₂	20-38	MF	M-Arcill	B _{S-A}	P _O	A	F	ME	30	32	38	<2	8,1	2,0	19,3	0,2	23,8	1,9	0,2		
B ₂₁	38-60	MF	Fran	B _{S-A}	P _O				26	32	42	<2	8,2	1,0	12,5	0,1	21,9	2,1	0,2		
B ₂₂	60-118	MF	Fran	M	P _O				22	30	48	>2	8,3	0,7	10,8	0,1	21,3	2,4	0,2		

Región de Galeana, Nuevo León

Se localiza entre los paralelos 24° 14' 27" y 25° 16' 22" de latitud norte y entre las coordenadas 99° 50' 44" y 100° 50' 44" de longitud oeste (Figura 3.1.), una altura media de 1655 metros sobre el nivel del mar. Cuenta con una superficie de 6,739.95 km², que equivalen a 673,995 ha. Su posición geográfica determina la existencia de dos tipos de clima que de acuerdo a Koppen, modificado por Enriqueta García, (1973). Un **BS₁ Kx'**, que indica un clima semi-seco templado con lluvias escasas todo el año y un **BS₁ hx'**, que indica un clima semi-seco semi-cálido, con lluvias escasas todo el año. El total de tierras dedicadas a la agricultura es del orden de 49,523 ha, de las que 12,148 ha son de riego y 37,375 ha son de temporal; la superficie de riego, dedicada al cultivo de la papa equivale a 2,552 ha, con un rendimiento medio de 32 t ha⁻¹ (INEGI, 1993). La fertilización media, realizada al cultivo es de: 137 unidades de nitrógeno (N), 388 unidades de fósforo (P₂O₅) y 300 unidades de Potasio (k₂O). Los cultivares de papa más utilizados son: Alpha, Atlantic, Mondial y Gigant. Los suelos en esta región son: Calcisoles háplicos, Calcisoles cálcicos, Kastañozem háplicos y algunos Feozém calcáricos, sus características se muestran en el Cuadro 3.2. El agua que se utiliza para el regadío de las tierras agrícolas se obtiene del subsuelo.

Cuadro 3.2. Características de los principales tipos de suelos en Galeana, Nuevo León (SPP. Síntesis Geográfica de Nuevo León, 1981). 1998.

			Profundidad (cm)	Reacción al HCl dil.	Textura	Estructura	Porosidad	Raíces muy Finas	Raíces Finas	Raíces Medias	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	C.E. (mmhoscm ⁻¹)	pH	M.O. (%)	CIC (meq/100g)	K (meqL ⁻¹)	Ca (meqL ⁻¹)	Mg (meqL ⁻¹)	Na (meqL ⁻¹)
CALCISOL CALCICO																					
Horizontes de estudio																					
A ₁	00-23	F	Arcill	B _{S-A}	A _B	ME	E	A	56	12	32	2,0	8,2	1,6	20,0	0,7	21,9	2,1	0,3		
B ₁	23-48	MF	Arcill	B _A	E _S	ME	E	E	58	20	22	2,0	8,7	1,0	18,8	0,3	21,3	3,3	1,4		
B _{21Ca}	48-67	MF	Arcill	B _A	M _B	ME	E	E	60	16	24	4,2	8,6	0,7	19,0	0,3	18,8	4,3	3,2		
B _{22Ca}	67-90		Arcill	B _A					54	28	18	4,1	8,6	0,3	20,0	0,3	18,8	4,6	6,0		
CALCISOL HAPLICO																					
Horizontes de estudio																					
A ₁	00-09	MF	M-A-Arcill	B _{S-A}	M _B	ME	E		24	24	52	<2	8,4	2,9	16,3	1,3	21,9	3,4	0,2		
B ₂₁	09 a 44	MF	M-A-Arcill	B _{S-A}	M _B	ME	ME	ME	34	18	48	<2	8,0	0,9	22,0	1,6	16,3	3,3	0,2		
B ₂₂	44-82	MF	M-Arcill	B _{S-A}	M _B			ME	34	22	44	<2	7,8	0,3	15,3	1,1	21,3	4,5	0,2		
B ₂₃	82-125	MF	M-Arcill	B _{S-A}	M _B				30	34	36	<2	8,2	0,1	12,5	0,4	18,8	4,8	0,2		
CASTAÑOZEM HAPLICO																					
Horizontes de estudio																					
A ₁	00-30	MF	M-Arcill	G _R	E _S	F	F		32	36	32	<2	8,0	4,0	20,8	2,6	23,6	4,4	0,1		
B ₁₁	30-70	MF	M-Arcill	G _R	M _B	F	F		38	34	28	>2	7,8	3,6	26,5	2,7	14,6	5,6	1,8		
B ₂₁	70-130	MF	Arcill	B _{S-A}	E _S				42	38	20	>2	7,8	2,5	21,0	3,6	19,7	6,2	1,7		
FEOZEM CALCARICO CON FASE PETROCALCICA																					
Horizontes de estudio																					
A ₁	00-12	F	M-Arcill	G _R	M _B	A	E	E	38	36	26	<2	7,9	2,8	40,0	3,6	79,4	5,1	0,7		
B ₁	12-26/4	F	M-Arcill	B _{S-A}	E _S	A	E	E	44	30	26	<2	7,9	4,7	38,5	2,2	55,1	1,9	1,6		

Descripción del área de estudio.

Localización del área de estudio

El área de estudio, se ubica en la parte central de la zona productora de papa; se localiza entre los paralelos 24° 59' 32" y 25° 18' 46" de latitud norte y entre los meridianos 100° 22' 17" y 100° 53' 19" de longitud oeste (Figura 3.1.).

Ubicación de los sitios en el área de estudio

Se consideraron 31 sitios de estudio, situando 17 de ellos en la región de Arteaga, Coahuila y 14 en la región de Galeana, Nuevo León (Figura 3.2.).

Selección de los sitios en el área de estudio

Se consideró principalmente, el que estos fueran representativos y contaran con antecedentes en la explotación del cultivo.

Tipos de suelo en el área de estudio

Se encuentran Calcisoles cálcicos, Calcisoles háplicos, Katañozem cálcicos, Kastañozem háplicos, y algunos Feozem calcáricos, algunas características se muestran en el Cuadro 3.3.

Tipos de agua de riego en el área de estudio

Se encuentran varios tipos de agua, que los agricultores identifican como aguas dulces o aguas buenas, aguas regulares y aguas gruesas.

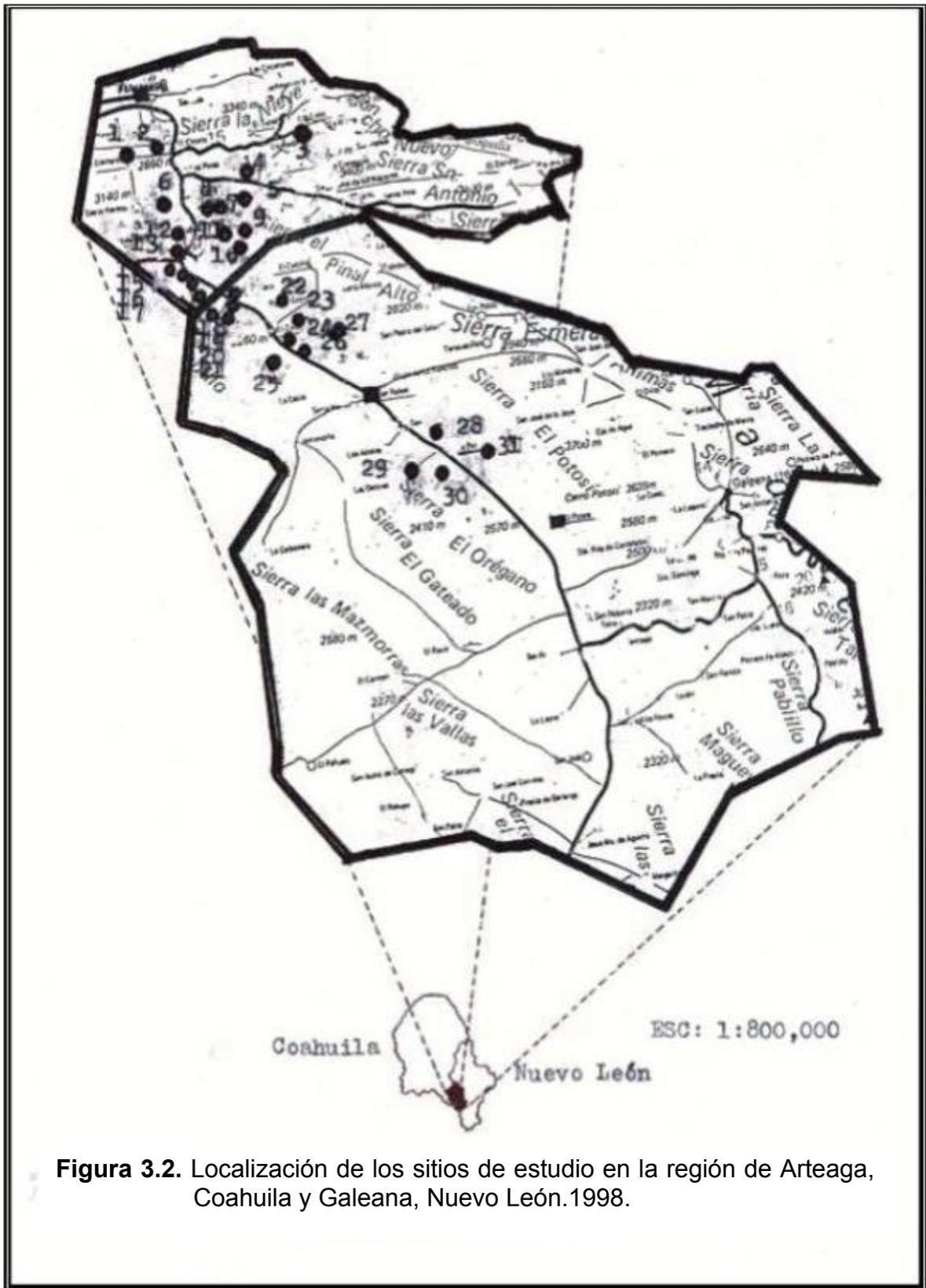


Figura 3.2. Localización de los sitios de estudio en la región de Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.

Cuadro 3.3.

Características de los principales tipos de suelos en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León en los primeros 40 cm (INEGI. Cartas Geológicas, 1985). 1998.

	Profundidad (cm)	Reacción al HCl dil.	Textura	Estructura	Porosidad	Raíces muy Finas	Raíces Finas	Raíces Medias	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	C.E. (mmh ₂ cm ⁻¹)	pH	M.O. (%)	CIC (meq 100g ⁻¹)	K (meq l ⁻¹)	Ca (meq l ⁻¹)	Mg (meq l ⁻¹)	Na (meq l ⁻¹)
CALCISOL CALCICO	00-48/56	F/MF	Arcill	B _{SA}	A _B	ME	E	ME	52	19	28	<2	8,3	1,0	21,6	0,6	20,2	2,07	0,47
Sitios de estudio: 1, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 24, 26 y 31	A ₁₁ , B ₁₁ , B _{21Ca} , B _{22Ca}																		
CALCISOL HAPLICO	00-44	MF	M-Arcill	B _{SA}	M ₀	ME	ME	E	29	21	50	<2	8,2	1,9	19,1	1,4	19,1	3,30	0,20
Sitios de estudio: 28, 29 y 30	A ₁ , B ₂₁ , B ₂₂ , B ₂₃																		
KASTAÑOZEM CÁLCICO	00-49	M	M-Arcill	L _A /G _R	A _B	F	F	E	38	40	22	<2	8,4	2,4	28,6	2,5	38,1	15,20	0,50
Sitios de estudio: 13, 16 y 17	A ₁ , B ₁ , B ₂₁ , B ₂₂																		
KASTAÑOZEM HAPLICO	00-30/35	D/MF	M-Arcill	G _R	A _B	F	F	E	37	29	34	<2	7,9	2,7	23,9	2,0	20,6	5,30	0,26
Sitios de estudio: 14, 15, 18, 19, 20, 21, 22 y 23	A ₁₁ , A ₁₂ , B ₁ , B ₂₁ , B ₂₂ , C																		
FEOZEM CALCARICO	00-38/42	MF	M-Arcill	B _{SA}	A _B	A	A	E	38	30	32	<2	7,9	3,2	31,0	1,6	45,8	2,87	0,67
Sitios de estudio: 2, 3, 9, 10 y 11	A ₁₁ , A ₁₂ , B ₂₁ , B ₂₃																		

Cultivares de papa en el área de estudio

Se siembran varios cultivares de papa entre los que destacan los cultivares Alpha en un 45.2 por ciento, Gigant en un 22.6, Atlantic en un 19.3 y Mondial en un 9.7 por ciento. Algunas de las características de estos cultivares se presentan en los Cuadros 3.4., 3.5., 3.6. y 3.7.

Cuadro 3.4. Características del cultivar Alpha en el cultivo de la papa.1998.

Cultivar Alpha	
Maduración	Es tardía con un rango de 150-160 DDS
Rendimiento	Muy bueno
Tubérculo	Grande, redondo-oval de piel amarillo-clara, papa blanca con un peso aproximado de 55-69 gramos
Planta	De desarrollo robusto, cubre todo el surco, de flores blancas, con una altura promedio de 0.90-1.20 metros
Fitosanidad	Susceptible al tizón, medianamente sensible a Phytophthora de la hoja
Germinación	Ocurre de 15-22 DDS con una temperatura de 14 °C
Floración	Ocurre entre los 55 DDS con una temperatura de 14 °C
Otras características	0.919 kg por planta
Riegos	Presiembra (15cm), auxilio, quince riegos cada 10 días aproximadamente

Cuadro 3.5. Características del cultivar Gigant en el cultivo de la papa.1998.

Cultivar Gigant	
Maduración	Semi-tardía (120-130 DDS)
Rendimiento	Muy alto
Tubérculo	De forma oval, de piel amarilla parcialmente áspera, papa amarilla-clara
Planta	Tallos poco numerosos, bastante gruesos, extendiéndose poco, de color verde claro, foliolos bastante grandes y ovals, floración muy escasa de flores blancas
Fitosanidad	Medianamente sensible a Phytophthora, poco sensible al virus Y _n , inmune a los virus A _y X y a la sarna verrugosa, resistente al patotipo A del nemátodo dorado
Germinación	Ocurre de 15 a 18 DDS
Floración	Ocurre a los 50 DDS
Otras características	1.114 kg por planta
Riegos	Presiembra, de auxilio (12-13 riegos)
Follaje	Desarrollo rápido, cubre bien el terreno

Cuadro 3.6. Características del cultivar Atlantic en el cultivo de la papa.1998.

Cultivar Atlantic	
Maduración	Temprana (90-100 DDS)
Rendimiento	Alto
Tubérculo	De forma oval redondeada, piel clara y gruesa, escamosa, brillante papa clara
Planta	De tamaño mediano, erguida, floración abundante, flores color lavanda
Fitosanidad	Es resistente al PVx, a la necrosis de la red de tubérculos, tolerante al marchitamiento por verticillium y a la roña común, presenta susceptibilidad a la necrosis caliente, cuando asciende la temperatura y cuando se establece en suelos arenosos
Germinación	Ocurre de los 15.17 DDS
Floración	Ocurre a los 45 DDS
Otras características	0.836 kg por planta
Riegos	Presiembra y diez riegos de auxilio

Cuadro 3.7. Características del cultivar Mondial en el cultivo de la papa.1998.

Cultivar Mondial	
Maduración	Semi-tardía (120-130 DDS)
Rendimiento	Alto
Tubérculo	Grandes de forma oval alargada, piel amarilla y lisa, papa amarilla clara
Planta	Tallos predominantemente verdes, bastante numerosos y gruesos, se extienden mucho, hojas grandes, floración abundante con flores blancas
Fitosanidad	Sensible a phytophthora de la hoja, poco sensible a phytophthora de tubérculo, muy resistente al virus A y a la sarna verrugosa, resistente al patotipo A del nemátodo dorado
Germinación	Ocurre después de los 15-17 DDS
Floración	Ocurre de los 55-60 DDS
Otras características	0.729 kg por planta
Riegos	Presiembra, auxilio (15-16 riegos)

El clima en el área de estudio

De acuerdo a la clasificación de Koppen, modificado por Enriqueta García, (1973) es de dos tipos: Un **BS₁kx'**, que quiere decir clima semi-seco con lluvias en verano y escasas a lo largo del año, con temperatura media anual entre 12 y 18 °C; y un **BSo(h')hx**, que quiere decir clima seco-cálido con lluvias escasas todo el año, con invierno fresco, una temperatura media anual entre 12 y 18 °C. La temperatura media durante el desarrollo del cultivo, se obtuvo de tres estaciones, considerándose el período Abril-Octubre de 1997. Por su parte las unidades-calor (U.C.), se obtuvieron a través del Método Residual (Torres, 2001), el que considera la temperatura máxima y la temperatura mínima para obtener una temperatura media, además la temperatura definida como punto crítico del cultivo, la que es igual a 6°C.

Muestreo y análisis de suelo

Obtención de muestras de suelo

La toma de muestras de suelo, se realizó en forma de zig-zag (Figura A.5.) a una profundidad de 40 cm, se obtuvieron 20 submuestras, conformando una muestra compuesta, se realizó una excavación de 0-40 cm en forma de “V” obteniendo una rebanada de suelo de 2 cm aproximadamente que conformó la submuestra deseada, se mezclaron hasta obtener una muestra compuesta homogénea, extendiéndose sobre un plástico y dividiendo en cuatro partes dicha muestra, seleccionando dos cuartos opuestos. Se depositó en bolsas de plástico una cantidad de 2 kg de suelo, etiquetando posteriormente cada una de las muestras seleccionadas y trasladando hasta el Laboratorio de Fertilidad de Suelos en la UAAAN. Para el secado, se consideró un área libre de contaminación, donde se utilizó papel canela y secadas a temperatura ambiente. El tamizado se realizó con malla de 2 mm, para obtener una homogeneidad en las partículas de suelo, se guardó posteriormente en bolsas de plástico para la determinación de los análisis físico-químicos correspondientes.

Determinación de los análisis de suelo

Los análisis físicos y químicos realizados, fueron con el fin de conocer sus características físicas y químicas antes del establecimiento del cultivo. Las características físicas determinadas fueron: Densidad aparente (D.a.) por el

método de la Probeta, Textura por el Triángulo de texturas y el Contenido de arcilla, limo y arena por el método del Hidrómetro de Bouyucos. Las características químicas, que se determinaron fueron: la Reacción del suelo (pH) por el método del Potenciómetro, el Por ciento de materia orgánica (% M.O.) por el método de Walkey y Black, la Capacidad de intercambio catiónico total del suelo (C.I.C.t.) por el método del Acetato de amonio 2 normal, la Conductividad eléctrica (C.E.), por el método del Puente de Wheastone, el Por ciento de Carbonatos totales (% CO_3^{-2} t), por el método del Hidróxido de sodio 1 normal (NaOH1N), el Por ciento de nitrógeno total (N t) por cálculo, el Contenido de fósforo aprovechable (P aprov.), por el método de Olsen modificado y el Contenido de potasio intercambiable (K interc.), por Cobaltinitrito de sodio. Los análisis físicos y químicos, se realizaron en los Laboratorios de Fertilidad, Química, Física, Pedología, y de Servicios Generales, del Departamento de Suelos en la UAAAN, empleando las técnicas o metodologías ya conocidas.

Muestreo y análisis del agua de riego

Obtención de muestras del agua de riego

La toma de muestras de agua de riego, se realizó tomando directamente del tubo de salida, la cantidad de agua requerida cuando los equipos de bombeo se encontraban en actividad durante el desarrollo del cultivo, en recipientes de plástico de un litro, trasladando directamente al Laboratorio de Calidad de Aguas, en el Departamento de Riego y Drenaje en la UAAAN.

Determinación de los análisis del agua de riego

Los análisis químicos realizados, fueron con el fin de conocer sus características químicas propias, determinándose: Reacción del agua (pHa), por el método del Potenciómetro, Conductividad eléctrica del agua (C.E.a.), por el método del Puente de Wheastone, Cationes como calcio (Ca^{+2}), magnesio (Mg^{+2}) y sodio (Na^{+1}), Aniones como carbonatos (CO_3^{-2}), bicarbonatos (HCO_3^{-1}), cloruros (Cl^{-1}) y sulfatos (SO_4^{-2}), Relación de adsorción del agua (RAS) y Calidad del agua. Las técnicas empleadas son las utilizadas para este tipo de análisis.

Muestreo y análisis de planta

Obtención de muestras de planta (hojas)

Para conocer el contenido nutrimental del cultivo de la papa en la etapa de floración (aproximadamente a mitad de ciclo de cultivo), se realizó un muestreo foliar, recolectando al azar treinta folíolos sanos y fotosintéticamente activos, considerándose el cuarto y quinto de la parte de arriba hacia abajo en la planta y depositados en bolsas de plástico y transferidos a una hielera, evitando con esto el aceleramiento de descomposición del material vegetal recolectado y trasladando al Laboratorio de Fertilidad de Suelos en la UAAAN. En la actividad del lavado de muestras vegetales, se realizaron los siguientes pasos:

1. Se lavaron los folíolos (hojas) recolectadas con agua de la llave para eliminar impurezas de suelo y agroquímicos.
2. Se pasaron por agua destilada conteniendo jabón libre de fósforo al 0.1 por ciento.
3. Se pasaron por agua de la llave para eliminar los residuos de jabón.
4. Se pasaron por agua destilada conteniendo ácido clorhídrico
5. Se pasaron por agua desionizada
6. Se pasan nuevamente por agua desionizada
7. Finalmente se pasan por tercera ocasión por agua desionizada
8. Se realizó el proceso de escurrimiento sobre papel canela

Después del proceso de escurrimiento se extendieron nuevamente sobre papel canela durante 36 horas a temperatura ambiente, se introdujeron a bolsas de papel perforadas y secadas a la estufa durante 48 horas a una temperatura de 75 °C. Se realizó después la etapa de molido, utilizando un molino de acero inoxidable, considerando folíolos y pecíolos, cribando después en una malla muy fina, con el fin de tener una homogeneidad de la muestra y almacenadas en recipientes negros de plástico con tapa para sus análisis respectivos.

Determinación de los análisis de planta (hojas)

El contenido de nitrógeno en planta, se determinó por el método Kjeldahl, fósforo en planta, por Colorimetría, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc y cobre en planta, por Absorción atómica. Las

determinaciones de los elementos (N, P, K, Ca y Mg), fueron en por ciento base materia seca; para Fe, Mn, Zn y Cu, en partes por millón en base materia seca. Los análisis químicos se realizaron en los laboratorios de Fertilidad de Suelos y Biotecnología, este último del Departamento de Horticultura en la UAAAN.

Obtención de muestras de planta (planta completa)

Se realizó en la misma etapa de la toma de muestras de hojas, obteniendo al azar cuatro plantas completas determinándose en el momento del muestreo su peso en verde, luego secadas a temperatura ambiente hasta obtener su peso seco.

Producción de materia seca

Para obtener la cantidad de materia seca producida en cada uno de los sitios, se pesaron cada una de las muestras obtenidas (planta completa) completamente seca en una balanza de reloj ajustada y calibrada respectivamente.

Rendimiento de tubérculos

Se obtuvo en campo al momento de la cosecha, el procedimiento que se siguió fue el siguiente: se hicieron mediciones en el terreno de cosecha en forma lineal con distancia de 2 metros, considerando dos surcos y tres repeticiones en diferentes partes del terreno, posteriormente se agruparon las papas cosechadas de acuerdo a su categoría (1as, 2as, 3as y 4as), realizando

después el pesaje correspondiente para cada una de las categorías obtenidas. Los materiales de campo utilizados fueron tripie, balanza de reloj, cinta métrica de 5 m y cuaderno de anotación.

Metodología de diagnóstico

Se utilizó la metodología DRIS, propuesta por Beaufils, (1973), considerada ésta un sistema integral capaz de manejar una gran cantidad de datos, donde se pueden estudiar las interacciones de los factores a considerar como el clima, el suelo, el agua y la planta misma; difiere de otras metodologías, por que considera las relaciones de nutrimentos con respecto a los demás, evalúa el nivel de un nutrimento con respecto a otro, analiza el balance nutricional en las plantas y establece un orden del requerimiento nutricional a partir de análisis vegetales.

Diagnóstico nutrimental

El diagnóstico nutrimental del cultivo se obtuvo al comparar los valores de concentración obtenidos, contra valores óptimos de concentración propuestos por Reuter y Robinson, (1986) y Jones, *et.al.*, (1991), Cuadro 3.8. y Cuadro 3.9.

Cuadro 3.8. Valores óptimos de concentración de nutrimentos en hojas de papa, según Reuter y Robinson, (1986). 2004.

		Deficiente		Adecuado		Tóxico
N	(%)	< 2.00		3.50 - 5.50		
P	(%)	< 0.20		0.30 - 0.45		
K	(%)	< 3.00		4.50 - 6.50		
Ca	(%)	< 0.70		1.20 - 2.50		
Mg	(%)	< 0.35		0.50 - 1.00		
Fe	(ppm)			70.0 - 150.0		
Mn	(ppm)	< 20.0		40.0 - 300.0		
Cu	(ppm)	< 3.0		5.0 - 10.0		
Zn	(ppm)	< 10.0		15.0 - 30.0		
B	(ppm)			20.0 - 50.0		

Cuadro 3.9. Valores óptimos de concentración de nutrimentos en hojas de papa, según Jones, *et. al.*, (1991). 2004.

		Bajo		Suficiente		Alto
N	(%)	3.50 - 4.49		4.50 - 6.00		> 6.00
P	(%)	0.22 - 0.28		0.29 - 0.50		> 0.50
K	(%)	8.50 - 9.29		9.30 - 11.50		> 11.50
Ca	(%)	0.65 - 0.75		0.76 - 1.00		> 1.00
Mg	(%)	0.70 - 0.99		1.00 - 1.20		> 1.20
Fe	(ppm)	40.0 - 49.0		50.0 - 100.0		> 100.0
Mn	(ppm)	20.0 - 29.0		30.0 - 250.0		> 250.0
Cu	(ppm)	5.0 - 6.0		7.0 - 20.0		> 20.0
Zn	(ppm)	35.0 - 44.0		45.0 - 250.0		> 250.0
B	(ppm)	18.0 - 24.0		25.0 - 50.0		> 50.0

Índices DRIS (I.D.)

Para obtener los índices DRIS de los nutrimentos en estudio: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu y Zn, se utilizó el programa de cómputo versión 1.3, propuesto por García, Olivares y Cortéz, (2003), arrojando tanto valores positivos como negativos, donde los valores positivos indican suficiencia, mientras que los valores negativos indican deficiencia. Ésta metodología se basa en introducir los valores obtenidos en el análisis vegetal, ejecutando a través del programa las operaciones correspondientes y mostrando posteriormente el programa un resultado negativo ó positivo.

Índices de desbalance nutricional (I.D.N.)

Los índices de desbalance nutricional (I.D.N.), se obtuvieron al realizar la sumatoria de los índices DRIS obtenidos, independientemente del signo negativo ó positivo, donde el mayor valor absoluto que resulte, será considerado el de mayor desbalance nutrimental, mientras que el menor valor absoluto arrojado, indicará el menor desbalance nutrimental.

Orden del requerimiento nutrimental

El orden de requerimiento nutrimental, se obtuvo al ordenar los valores de los índices DRIS (I.D.), desde el más negativo hasta el más positivo. El valor más negativo de acuerdo a la metodología DRIS, es considerado el más deficiente, por su parte el valor más positivo es considerado el más suficiente.

Normas DRIS para papa

Las normas DRIS a utilizar, fueron tomadas de García, (2000), obtenidas en Coahuila y Nuevo León (Cuadro 3.10.).

Cuadro 3.10. Normas DRIS para papa, obtenidas por García, (2000), en Coahuila y Nuevo León.2004.

Forma de Expresión	Media	C.V. (%)		Forma de Expresion	Media	C.V. (%)
N	4,74	10,98		100 P/Mn	0,08	95,58
P	0,32	17,41		100 P/Zn	0,48	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	0,07	13,83		100 K/Fe	1,93	50,43
N/K	1,18	19,02		100 K/Mn	1,08	98,84
K/N	0,87	16,97		100 K/Zn	5,96	48,75
P/K	0,08	21,03		100 K/Cu	35,19	62,14
K/P	12,8	22,04		100 K/B	20,15	82,84
Ca	2,64	27		100 Ca/Fe	1,26	69,28
Mg	0,61	18,64		100 Ca/Mn	0,65	54,97
N/Ca	1,93	37,13		100 Ca/Zn	3,76	53,87
N/Mg	8,01	21,9		100 Ca/Cu	21,61	49,59
P/Ca	0,13	41,46		100 Ca/B	12,49	63,32
P/Mg	0,55	25,91		100 Mg/Fe	0,27	47,66
K/Ca	1,66	39,91		100 Mg/Mn	0,15	69,1
K/Mg	6,96	25,17		100 Mg/Zn	0,85	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	0,80	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	82,7
100 N/Zn	6,88	45,24		Mn/B	24,79	57,86
100 N/Cu	40,89	58,89		Cu/Zn	0,21	67,37
100 N/B	22,69	67,81		Cu/B	0,76	71,83
100 P/Fe	0,15	50,36		Zn/B	4,11	65,65

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Características generales del clima

Se observó, que la temperatura media durante el desarrollo del cultivo de papa, en la región de Arteaga, Coahuila fue igual a 14.36°C, mientras que en la región de Galeana, Nuevo León de 17.05°C; la media general igual a 15.2°C; por su parte las unidades-calor (U.C.) con un promedio igual a 1,407.55 horas-calor acumuladas. Edmond, Senn y Andrews, (1981) mencionan que el principal factor climático que interviene en el desarrollo y rendimiento del cultivo de papa es la temperatura, considerando óptima la que se ubica en el rango 7.2 – 18.3°C, con una media de 15.5°C. Metcalfe y Elkins, (1987) hacen referencia, que el cultivo de papa es un cultivo de estación fría y que la temperatura media requerida es de 16.0°C. Una temperatura óptima para el cultivo en mención es de 15 – 18°C (Maroto, 1989). Las unidades-calor (U.C), mostraron una asociación positiva a la producción de materia seca en un 36 %, y una asociación negativa al contenido de hierro (Fe) en la planta en un 51 % a través de una correlación de matriz; la temperatura se encontró ligada positivamente a la conductividad eléctrica del suelo (C.E.s.) en un 54%, y ligada negativamente al contenido de hierro (Fe) en la planta en un 44 %. Los sitios que arrojaron las más altas producciones de materia seca (10, 20 y 11), presentaron una cantidad de unidades-calor (U.C.) de 1512.0, 1571.0, y 1390.5 y un contenido de Fe en la planta de 82, 140 y 67 ppm; mientras que los sitios con una baja

producción de materia seca: 14 y 21, presentaron 1024.5 y 1130.5 U.C. y un contenido de Fe en la planta de 235 y 133 ppm. Una correlación directa, entre la temperatura y el rendimiento, arrojó que a medida que ésta se incrementa el rendimiento disminuye en un 53.77% (Figura 4.1.)

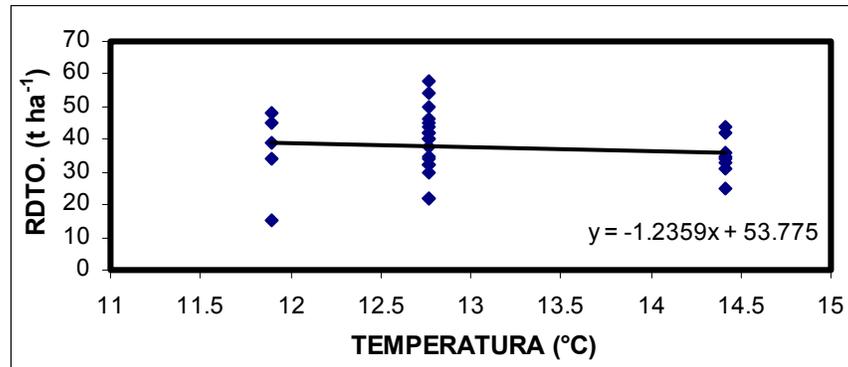


Figura 4.1. Correlación directa entre la temperatura y el rendimiento de tubérculos, en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León. 1998.

Análisis físicos y químicos del suelo

Análisis físicos del suelo

Los resultados se muestran en el Cuadro 4.1. Con respecto a los componentes arena, limo y arcilla, se encontró que predominó el contenido de limo en un 48.43%, seguido del contenido de arcilla en un 37.89% y el contenido de arena en un 13.68%, que determinó suelos del tipo migajón-arcillo-limosos, considerados poco aptos para el cultivo de la papa (López y López, 1990). Altos porcentajes de arcilla repercuten en una mayor retención del agua y una baja aireación (Thompson, 1965). Una correlación de matriz determinó, que el contenido de arcilla está ligado positivamente a la producción

Cuadro 4.1. Características físicas de suelo para cada uno de los sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León. 1998.

SITIO DE ESTUDIO	ARCILLA %	LIMO %	ARENA %	TEXTURA	Da gr cm ³
1	35,18	41,87	22,95	M-arcilloso	1,14
2	35,00	42,05	22,95	M-arcilloso	1,03
3	37,68	44,37	17,95	M-arcillo-limoso	1,08
4	47,50	47,05	5,45	Arcillo-limoso	1,12
5	55,18	36,87	7,95	Arcilloso	1,18
6	40,45	39,10	20,45	Arcilloso	1,08
7	52,68	36,87	10,45	Arcilloso	1,04
8	40,00	49,55	10,45	Arcillo-limoso	1,19
9	40,18	46,87	12,95	Arcillo-limoso	1,12
10	55,45	34,10	10,45	Arcilloso	1,01
11	52,77	39,28	7,95	Arcilloso	1,21
12	39,82	44,73	15,45	M-arcillo-limoso	1,22
13	40,00	49,55	10,45	M-arcillo-limoso	1,16
14	35,18	49,37	15,45	M-arcillo-limoso	1,09
15	40,00	44,55	15,45	Arcillo-limoso	1,14
16	35,00	47,05	17,95	M-arcillo-limoso	1,04
17	45,00	37,05	17,95	Arcillo-limoso	1,12
18	35,00	59,55	5,45	M-arcillo-limoso	1,11
19	22,50	67,05	10,45	M-limoso	1,12
20	35,00	52,05	12,95	M-arcillo-limoso	1,18
21	22,50	62,05	15,45	M-limoso	1,10
22	30,00	59,55	10,45	M-arcillo-limoso	1,07
23	35,00	54,55	10,45	M-arcillo-limoso	1,08
24	35,00	52,05	12,95	M-arcillo-limoso	1,31
25	35,00	49,55	15,45	M-arcillo-limoso	1,30
26	22,50	59,55	17,95	M-limoso	1,09
27	40,00	47,05	12,95	Arcillo-limoso	1,16
28	45,00	37,05	17,95	Arcilloso	1,15
29	35,00	49,55	15,45	M-arcillo-limoso	1,09
30	50,00	39,55	10,45	Arcilloso	1,16
31	5,00	82,05	12,95	Limoso	1,15
MEDIA	37,89	48,43	13,68		1,13

de materia seca en un 54%, por su parte el contenido de limo asociado al contenido de carbonatos del suelo en un 45%, y el contenido de arena asociado a los cultivares de papa en un 47%. La densidad aparente, asociada a la temperatura del medio ambiente en un 38%, y al contenido de nitrógeno en la planta (N/p) en un 33%. Las características físicas, resultaron poco significativas de acuerdo a un análisis de componentes principales.

Análisis químicos del suelo

Los resultados encontrados se presentan en el Cuadro 4.2., donde se observa que de acuerdo a una correlación de matriz realizada el pH del suelo, se encontró ligado al contenido de nitrógeno en la planta (N/p) en un 32% y al contenido de arcilla en un 29%. El contenido de materia orgánica (M.O.) por su parte, mostró estar asociado positivamente al contenido de nitrógeno total del suelo (Nt/s) en un 100%. Los carbonatos del suelo (CO_3^{2-}/s) ligados en forma positiva al contenido de calcio en la planta (Ca/p) en un 45 % y a las U.C. en un 22 %; la capacidad de intercambio catiónico (CIC), resultó estar asociada al rendimiento de tubérculos en un 42% y a la producción de materia seca en un 39%. La conductividad eléctrica del suelo (C.E.s.), ligada en forma positiva a la conductividad eléctrica del agua (C.E.a.) y al contenido de sulfatos del agua en un 72% y 76%. El nitrógeno total, el fósforo aprovechable y el potasio intercambiable del suelo, ligados en forma positiva al contenido de materia orgánica (M.O.) en un 100%, al contenido de fósforo en la planta (P/p) en un 42% y al contenido de zinc en la planta (Zn/p) en un 51% y ligados en forma negativa al contenido de fósforo/suelo, en un 34%, al contenido de calcio en la

Cuadro 4.2. Características químicas de suelo para cada uno de los sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León. 1998.

SITIO DE ESTUDIO	pH	M.O. %	CO ₃ %	C.I.C. meq 100g ⁻¹	C.E. mmho cm ⁻¹	N total %	P aprov. ppm	K interc. ppm
1	7,40	3,66	31,52	22	2,20	0,183	20,86	205
2	8,58	3,36	31,97	27	1,63	0,168	17,88	258
3	8,53	2,97	12,64	30	1,15	0,148	23,26	250
4	8,49	2,52	17,25	35	1,87	0,126	28,34	237
5	8,71	2,59	20,73	45	0,72	0,129	26,35	225
6	8,73	2,82	32,87	41	1,07	0,141	26,65	237
7	8,73	3,97	34,22	33	0,86	0,198	14,58	210
8	8,30	3,59	31,19	37	1,90	0,179	18,27	205
9	8,49	3,36	32,42	43	1,82	0,168	28,34	277
10	8,02	3,51	31,07	44	2,30	0,175	23,46	310
11	8,54	3,43	24,78	36	1,49	0,171	26,35	258
12	8,61	2,75	22,98	32	1,37	0,137	20,57	237
13	8,68	2,82	24,33	31	1,54	0,141	15,78	285
14	8,44	2,90	18,04	35	1,71	0,145	22,16	294
15	8,66	3,36	28,83	37	0,71	0,168	25,06	290
16	8,45	3,28	16,24	50	1,41	0,164	25,06	232
17	8,04	3,97	21,63	36	1,38	0,198	18,87	245
18	7,80	2,90	35,12	40	2,30	0,145	20,88	235
19	8,10	3,34	32,98	41	2,00	0,167	17,84	245
20	8,02	3,05	33,77	27	2,00	0,152	23,84	205
21	8,04	3,97	23,43	44	1,80	0,198	6,28	225
22	8,10	3,04	29,28	40	2,10	0,152	20,08	224
23	8,10	3,36	36,02	39	2,10	0,168	16,88	294
24	8,31	2,06	31,52	44	1,42	0,103	17,56	260
25	8,66	3,66	30,63	45	1,64	0,183	21,76	223
26	8,45	3,13	38,72	26	1,60	0,156	20,40	265
27	8,54	3,12	27,93	37	3,20	0,156	20,88	275
28	8,76	2,59	27,93	33	2,33	0,129	28,72	262
29	8,58	2,83	18,04	45	3,79	0,141	23,04	255
30	8,31	3,20	20,28	26	6,35	0,160	16,16	217
31	8,10	3,20	24,53	24	3,50	0,160	26,68	262
MEDIA	8,36	3,17	27,19	36,29	1,98	0,16	21,38	248,45

planta en un 35% y al contenido de nitrógeno en la planta en un 46%, respectivamente. Las características químicas sobresalientes en un análisis de componentes principales fueron: La conductividad eléctrica del suelo (C.E.s.), en un 65.9%, el contenido de materia orgánica (M.O.), en un 64.5% y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en un 52.8%, respectivamente. Una correlación directa entre la CIC y el rendimiento, arrojó que a medida que la CIC, alcanzó valores más altos, el rendimiento se incrementó en un 17.05 % (Figura 4.2.); lo contrario para la C.E.s. y el rendimiento de tubérculos, donde a medida que la C.E.s. se incrementa, el rendimiento disminuye en un 39.72% (Figura 4.3.).

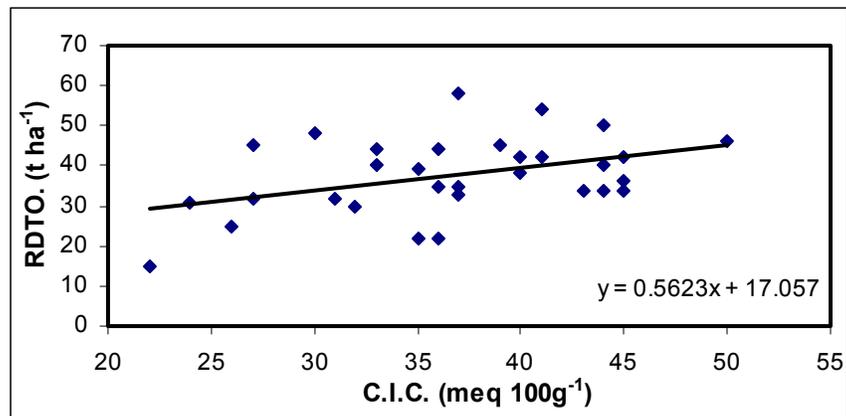


Figura 4.2. Correlación directa entre la CIC y el rendimiento de tubérculos, en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León. 1998.

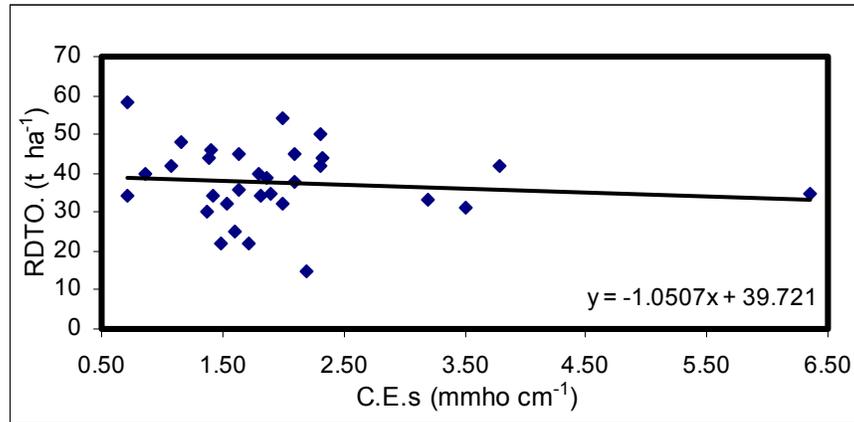


Figura 4.3. Correlación directa entre la C.E.s. y el rendimiento de tubérculos, en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León. 1998.

Análisis químicos del agua de riego

Los resultados se muestran en los Cuadros 4.3 y 4.4. Una correlación de matriz, determinó que el pH del agua se encontró asociado al contenido de Ca^{+2} en la misma en un 60%; mientras que la C.E.a., ligada al contenido de sulfatos (SO_4^{-2}) del agua en un 96%; los cationes (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+1}) ligados en forma positiva al pHa en un 60%, a la C.E.a. en un 79% y al RAS en un 91%. Los aniones (CO_3^{-2} , HCO_3^{-1} , Cl^{-1} , SO_4^{-2}) asociados al RAS en un 64%, al contenido de Fe/p en un 28%, al contenido de SO_4^{-2} /a en un 83% y al contenido de Na^{+1} /a en un 91%. Las características químicas sobresalientes en un análisis de componentes principales fueron: La conductividad eléctrica del agua (C.E.a.), en un 91.1%, la cantidad de sulfatos en la misma (SO_4^{-2}) en un 85.7%, el contenido de sodio en el agua (Na^{+1}) en un 82.7%, el contenido de cloruros en el agua (Cl^{-1}) en un 78.7% y el contenido de magnesio en el agua (Mg^{+2}), en un 76.9% respectivamente.

Cuadro 4.3. Características químicas del agua de riego de los sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.

SITIO DE ESTUDIO	pHa	C.E.a. dS m ⁻¹	CATIONES (meq L ⁻¹)				ANIONES (meq L ⁻¹)			
			Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺¹	K ⁺¹	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻¹	Cl ⁻¹	SO ₄ ⁻²
1	6,42	1,12	0,96	9,12	2,80	0,00	1,44	3,20	0,84	7,16
2	6,19	1,01	0,72	7,44	2,40	0,00	1,26	3,00	1,26	4,60
3	7,89	0,34	0,79	4,90	0,80	0,00	0,80	2,00	0,98	2,01
4	6,10	1,26	1,68	10,68	1,80	0,00	1,44	2,70	0,56	5,30
5	6,66	0,52	0,60	3,84	1,40	0,00	1,62	2,10	0,70	1,50
6	6,54	0,59	0,60	4,68	1,60	0,00	1,80	2,80	0,56	3,30
7	6,65	0,50	0,48	3,60	1,00	0,00	1,98	2,70	0,56	2,70
8	6,44	0,51	0,36	3,24	1,30	0,00	1,44	2,50	0,84	1,67
9	7,74	0,47	1,14	5,70	0,60	0,00	0,60	2,00	0,68	3,51
10	7,74	0,47	1,14	5,70	0,60	0,00	0,60	2,00	0,68	3,51
11	6,49	0,52	0,48	4,08	1,40	0,00	1,26	2,10	0,70	1,70
12	6,54	0,49	0,60	3,72	1,00	0,00	0,72	2,30	0,70	2,50
13	6,46	0,50	0,72	3,84	0,90	0,00	0,90	2,80	0,98	2,40
14	6,34	0,49	0,60	4,08	1,00	0,00	1,08	2,80	0,70	1,74
15	6,44	0,46	0,48	4,20	1,00	0,00	0,72	2,50	0,56	1,90
16	6,80	0,48	0,72	4,20	0,80	0,00	1,26	2,80	0,84	2,60
17	6,38	0,54	0,48	3,96	1,10	0,00	0,90	3,20	0,70	2,60
18	7,89	0,47	1,48	6,30	0,60	0,00	0,60	3,00	1,12	3,38
19	7,89	0,47	1,48	6,30	0,60	0,00	0,60	3,00	1,12	3,38
20	7,89	0,47	1,48	6,30	0,60	0,00	0,60	3,00	1,12	3,38
21	7,89	0,47	1,48	6,30	0,60	0,00	0,60	3,00	1,12	3,38
22	7,58	0,47	1,25	4,90	0,80	0,00	0,80	3,00	0,68	3,34
23	7,58	0,47	1,25	4,90	0,80	0,00	0,80	3,00	0,68	3,34
24	6,27	0,57	0,72	4,80	1,20	0,00	1,08	3,00	0,84	2,00
25	6,12	0,85	0,84	5,78	1,80	0,00	0,90	2,80	1,68	3,30
26	8,46	0,15	0,68	2,70	0,70	0,00	0,80	1,40	0,70	1,79
27	7,20	0,75	1,00	10,50	0,80	0,00	1,60	2,00	1,96	4,60
28	7,89	0,77	2,50	6,60	0,60	0,00	1,00	3,00	0,70	2,89
29	7,90	0,76	2,70	6,40	0,50	0,00	0,80	1,20	0,70	2,11
30	7,50	3,75	1,20	13,80	3,80	0,00	1,60	2,10	3,36	28,60
31	7,91	0,67	2,05	5,80	0,50	0,00	0,80	2,80	0,98	1,58
MEDIA	7,09	0,69	1,05	5,75	1,14	0,00	1,05	2,57	0,95	3,80

Cuadro 4.4. Clasificación del agua de riego de los sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.

SITIO DE ESTUDIO		C.E. dS m ⁻¹		RAS meq L ⁻¹		CLASIFIC. DEL AGUA
1		1,120		1,25		C3 S1
2		1,009		1,18		C3 S1
3		0,340		0,47		C2 S1
4		1,259		0,72		C3 S1
5		0,519		0,94		C2 S1
6		0,586		0,99		C2 S1
7		0,499		0,70		C2 S1
8		0,505		0,97		C2 S1
9		0,466		0,32		C2 S1
10		0,466		0,32		C2 S1
11		0,522		0,93		C2 S1
12		0,492		0,68		C2 S1
13		0,499		0,60		C2 S1
14		0,485		0,65		C2 S1
15		0,460		0,65		C2 S1
16		0,478		0,51		C2 S1
17		0,538		0,74		C2 S1
18		0,472		0,30		C2 S1
19		0,472		0,30		C2 S1
20		0,472		0,30		C2 S1
21		0,472		0,30		C2 S1
22		0,470		0,45		C2 S1
23		0,470		0,45		C2 S1
24		0,568		0,72		C2 S1
25		0,850		0,99		C3 S1
26		0,154		0,53		C1 S1
27		0,753		0,33		C3 S1
28		0,770		0,28		C3 S1
29		0,760		0,23		C3 S1
30		3,750		1,39		C4 S1

Análisis químicos de la planta

Contenido nutrimental de la planta

En el Cuadro 4.5., se muestran los resultados obtenidos, de los cuales se desprende lo siguiente: Las concentraciones de los macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg), mostraron similitud en sus valores, al igual que los micronutrientes (Fe, Mn, Cu y Zn). Sin embargo al comparar los valores de concentración obtenidos, contra valores óptimos propuestos por ^aReuter y Robinson, (1986), y ^bJones, *et.al.*, (1991), Cuadros 3.6. y 3.7., se encontró que la concentración de nitrógeno mostró insuficiencia en 12 sitios, fósforo en 29, potasio en 9 y magnesio en un sitio, mientras que la concentración de calcio se mostró suficiente en los 31 sitios. Con respecto a los micronutrientes resultó que solamente hierro se mostró insuficiente en 10 sitios, manganeso, cobre y zinc, se mostraron suficientes en los 31 sitios de acuerdo con los primeros autores. Pero de acuerdo a lo señalado por Jones, *et. al.*, (1991), se encontró que la concentración de nitrógeno en la planta, se mostró insuficiente en los 31 sitios, fósforo en 29, potasio en 31 y magnesio en 17 sitios, mientras que la concentración de calcio mostró suficiencia en los 31 sitios. Con respecto a los micronutrientes resultó que solamente hierro y zinc, mostraron insuficiencia en 5 y 18 sitios, manganeso y cobre, suficientes en los 31. Los elementos minerales, principalmente requeridos por el cultivo son: N, P, K y Mg, (Talavera,1983). Uno de los principales problemas, que se presentan en los suelos calcáreos cultivados, son los relacionados con la baja disponibilidad de

Cuadro 4.5. Valores de los nutrimentos contenidos en las hojas del cultivo de papa en los sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.

SITIO DE ESTUDIO	por ciento (%)					partes por millón (ppm)			
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
1	3.64 b	0.22 a/b	3.85 a/b	2,72	1,21	199	279	19	24 b
2	3.22 a/b	0.22 a/b	3.50 a/b	3,53	0.94 b	190	347	16	24 b
3	4.10 b	0.19 a/b	6.95 b	2,82	0.95 b	160	538	12	38 b
4	4.48 b	0,32	7.04 b	2,00	1,32	124	695	26	53
5	4.33 b	0,34	5.09 b	2,55	0.89 b	111	500	20	39 b
6	3.63 b	0.23 a/b	6.86 b	2,88	1,64	123	671	14	52
7	4.12 b	0.16 a/b	3.16 a/b	2,90	0.75 b	101	631	18	48
8	4.13 b	0.19 a/b	5.84 b	3,13	1,23	128	572	19	41 b
9	3.29 a/b	0.21 a/b	6.04 b	2,46	1,03	85	635	16	76
10	3.37 a/b	0.20 a/b	4.76 b	4,27	0.75 b	82	778	17	58
11	3.50 b	0.24 a/b	7.08 b	3,16	1,40	67 a	363	23	27 b
12	4.40 b	0.19 a/b	6.24 b	2,89	0.98 b	89	770	20	58
13	3.78 b	0.21 a/b	7.32 b	4,01	0.79 b	52 a	620	14	43 b
14	3.29 a/b	0.25 a/b	6.77 b	2,86	0.44 a/b	235	741	70	129
15	2.72 a/b	0.16 a/b	7.92 b	4,91	1,19	186	762	20	129
16	3.43 a/b	0.28 a/b	5.50 b	2,48	0.90 b	67 a	343	25	25 b
17	3.33 a/b	0.24 a/b	8.55 b	4,80	1,03	16 a/b	670	22	51
18	3.32 a/b	0.20 a/b	6.71 b	4,49	1,44	151	555	88	43 b
19	3.11 a/b	0.20 a/b	3.60 a/b	3,79	0.51 b	157	633	20	33 b
20	3.75 b	0.24 a/b	5.67 b	3,44	0.87 b	140	514	24	35 b
21	3.53 b	0.19 a/b	8.85 b	4,20	1,55	133	296	16	35 b
22	2.76 a/b	0.20 a/b	3.58 a/b	3,76	0.98 b	174	449	16	41 b
23	2.24 a/b	0.14 a/b	3.22 a/b	4,95	1,02	55 a	388	16	45
24	3.75 b	0.21 a/b	4.72 b	4,77	0.85 b	102	577	21	35 b
25	3.81 b	0.16 a/b	6.18 b	2,65	1,70	7 a/b	383	14	28 b
26	3.77 b	0.17 a/b	7.03 b	5,18	1,35	56 a	440	18	52
27	3.95 b	0.19 a/b	2.44 a/b	1,90	0.60 b	5 a/b	214	16	30 b
28	3.67 b	0.18 a/b	4.52 b	1,86	0.83 b	137	678	16	47
29	3.89 b	0.18 a/b	7.70 b	2,78	1,14	40 a/b	181	12	18 b
30	4.23 b	0.20 a/b	2.72 a/b	1,50	0.54 b	197	177	19	20 b
31	3.22 a/b	0.23 a/b	2.22 a/b	3,46	0.82 b	23 a/b	727	23	68
MEDIA	3,61	0,21	5,54	3,33	1,02	109,42	520,23	22,26	46,61

^a= Nivel bajo según Reuter y Robinson, (1986).

^b= Nivel bajo según Jones, *et.al.*, (1991).

P, Fe y Zn, (Mortvedt, 1983). En el caso de nitrógeno, a medida que la velocidad de crecimiento excede la velocidad de absorción, la concentración disminuye (Ortega, 1978). Cantidades altas de N, provocan antagonismo de Fe, (Etchevers y Ojeda, 1995). Una correlación directa, entre el nitrógeno del suelo y el nitrógeno de la planta, resultó no significativa (Figura 4.4.); para el fósforo aprovechable y el fósforo de la planta, se encontró que a medida que existe más fósforo aprovechable en el suelo, éste se incrementa en la planta en 0.12 % (Figura 4.5.). Con respecto al potasio intercambiable del suelo y el potasio de la planta, resultó que a medida que exista una mayor cantidad en el suelo del elemento en cuestión, este se incrementa en la planta en un 4.47% (Figura 4.6.).

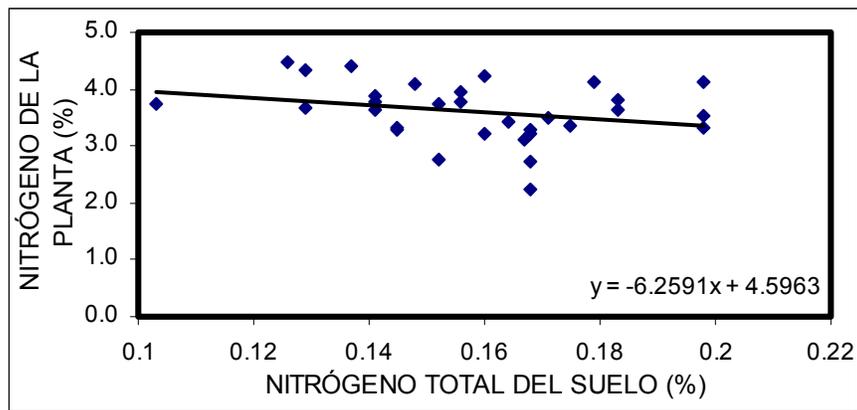


Figura 4.4. Correlación directa entre el nitrógeno total del suelo y el nitrógeno de la planta, en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.

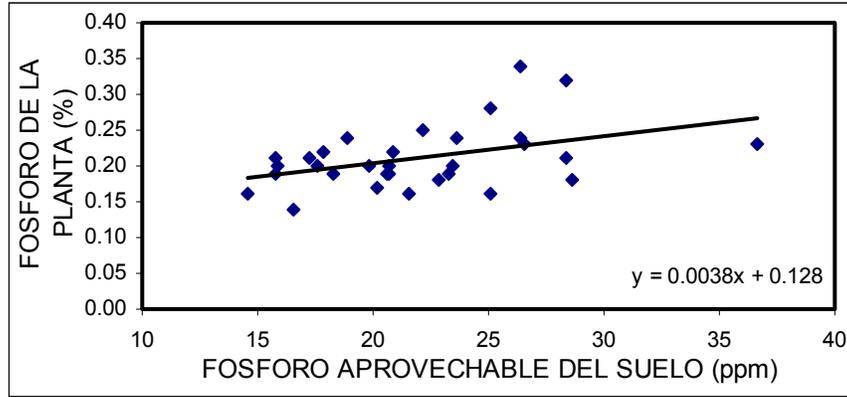


Figura 4.5. Correlación directa entre el fósforo aprovechable del suelo y el fósforo de la planta, en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.

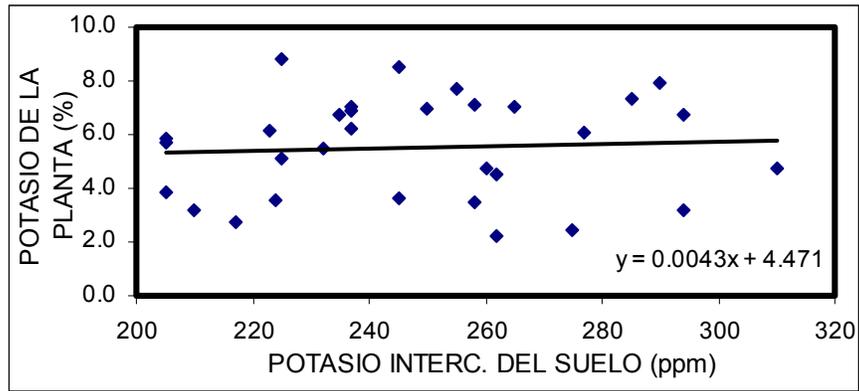


Figura 4.6. Correlación directa entre el potasio intercambiable del suelo y el potasio de la planta, en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.

Una correlación de matriz realizada, arrojó que el N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu y Zn, se encontraron ligados en forma positiva a CO_3^{-2}/a en un 46%, al Paprov/s en un 42%, al Mg/p en un 55%, a los CO_3^{-2}/s en un 45%, al K/p en un 55%, al Na/a en un 37%, al Zn/p en un 68% y un 35%, al Mn/p en un 68%; pero ligados de forma negativa al Ca/p en un 57%, a los CO_3^{-2}/s en un 47%, a la C.E.s. en un 41%, al N/p en un 57%, a la C.E.s. en un 30%, a las U.C. en un 53%, a los Cl/a en un 54%.

Extracción de nutrimentos por el cultivo

La extracción de nutrimentos por el cultivo de papa en el área de estudio y expresados en kg ha^{-1} de N, P_2O_5 , K_2O , CaO , MgO , Fe, Mn, Cu y Zn, se muestran en el Cuadro 4.6., respectivamente. Se encontró una extracción media de macro y micro nutrimentos a mitad de ciclo de cultivo de: N (172.96), P_2O_5 (10.06), K_2O (266.59), CaO (159.40), MgO (49.03), Fe (0.497), Mn (2.514), Cu (0.103) y Zn (0.216). Ramis, (1991), señala que un rendimiento de 50 t ha^{-1} , el cultivo de papa extrae 180.0 kg ha^{-1} de nitrógeno, 21.83 kg ha^{-1} de fósforo, 240.0 kg ha^{-1} de potasio, 10 kg ha^{-1} de calcio, 15.0 kg ha^{-1} de magnesio. Parsons, *et. al.*, (1982), reportan que rendimientos de 40 t ha^{-1} , extraen 139.0 kg ha^{-1} de nitrógeno, 21.83 kg ha^{-1} de fósforo, 165.0 kg ha^{-1} de potasio, $8-9 \text{ kg ha}^{-1}$ de calcio, 15.0 kg ha^{-1} de magnesio. Por su parte Cooke, (1975), señala que rendimientos de 50 t ha^{-1} , extraen 180.0 kg ha^{-1} de nitrógeno, 25.0 kg ha^{-1} de fósforo, 200.0 kg ha^{-1} de potasio, 10 kg ha^{-1} de calcio, 15.0 kg ha^{-1} de magnesio. Una correlación directa entre el nitrógeno y el fósforo extraídos por el cultivo, resultó significativo. La Figura 4.7., muestra que a medida que se extrae más nitrógeno, se extrae también fósforo en 1.89%. Con respecto a potasio-calcio y potasio-magnesio, se encontró que a mayor extracción de potasio, la extracción de calcio y magnesio se presenta en un 72.07% y 12.47%, respectivamente (Figura 4.8.). En la correlación directa calcio-fósforo, se

Cuadro 4.6. Relación de los macronutrientos (N, P, K, Ca, y Mg), y de los micronutrientos (Fe, Mn, Cu y Zn), extraídos por el cultivo de papa, expresados en kg ha⁻¹ para cada uno de los sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León. 1998.

SITIOS DE ESTUDIO	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
1	148,23	8,96	156,78	110,76	49,27	0,810	1,136	0,077	0,097
2	107,29	7,33	116,62	117,62	31,32	0,633	1,156	0,053	0,079
3	127,50	5,91	216,12	87,69	29,54	0,497	1,673	0,037	0,118
4	165,32	11,81	259,79	73,80	48,71	0,457	2,564	0,095	0,195
5	184,26	14,47	216,61	108,52	37,87	0,472	2,127	0,085	0,165
6	160,83	10,19	303,93	127,60	72,66	0,544	2,972	0,062	0,230
7	258,76	10,05	198,46	182,13	47,10	0,634	3,962	0,113	0,301
8	231,62	10,66	357,52	175,54	68,98	0,717	3,207	0,106	0,229
9	152,98	9,76	280,86	114,39	47,89	0,395	2,952	0,074	0,353
10	230,89	13,70	326,12	295,55	51,38	0,561	5,330	0,116	0,397
11	271,25	18,60	548,69	244,90	108,50	0,519	2,813	0,178	0,209
12	245,42	10,60	348,05	161,20	54,66	0,496	4,295	0,111	0,323
13	197,61	10,98	382,67	209,63	41,30	0,271	3,241	0,073	0,224
14	94,50	7,18	194,45	82,14	12,64	0,674	2,128	0,201	0,370
15	112,88	6,64	328,68	203,76	49,38	0,771	3,162	0,083	0,535
16	188,36	15,38	302,04	136,19	49,42	0,367	1,883	0,137	0,137
17	185,04	13,34	475,11	266,73	57,24	0,088	3,723	0,122	0,283
18	148,66	8,96	300,46	201,05	64,48	0,676	2,485	0,394	0,192
19	147,46	9,48	170,70	179,71	24,18	0,744	3,001	0,094	0,156
20	276,25	17,68	417,69	253,41	64,09	1,031	3,786	0,176	0,257
21	103,35	5,56	259,11	122,97	45,38	0,389	0,866	0,046	0,102
22	139,30	10,09	180,69	189,77	49,46	0,878	2,266	0,080	0,206
23	84,68	5,29	121,73	187,14	38,56	0,207	1,466	0,060	0,170
24	161,72	9,06	203,55	205,70	36,66	0,439	2,488	0,090	0,150
25	219,71	9,23	356,38	152,82	98,03	0,040	2,208	0,080	0,161
26	177,76	8,02	331,48	244,25	63,66	0,264	2,074	0,084	0,245
27	154,93	7,45	95,70	74,52	23,53	0,019	0,839	0,062	0,117
28	199,35	9,78	245,52	101,03	45,08	0,744	3,682	0,086	0,255
29	187,31	8,67	370,77	133,86	54,89	0,192	0,871	0,057	0,086
30	172,02	8,13	110,61	61,00	21,96	0,801	0,719	0,077	0,081
31	126,65	9,05	87,32	136,09	32,25	0,090	2,859	0,090	0,267

encontró que a medida que se extrae más calcio, se extrae más fósforo en un 6.43% (Figura 4.9.).

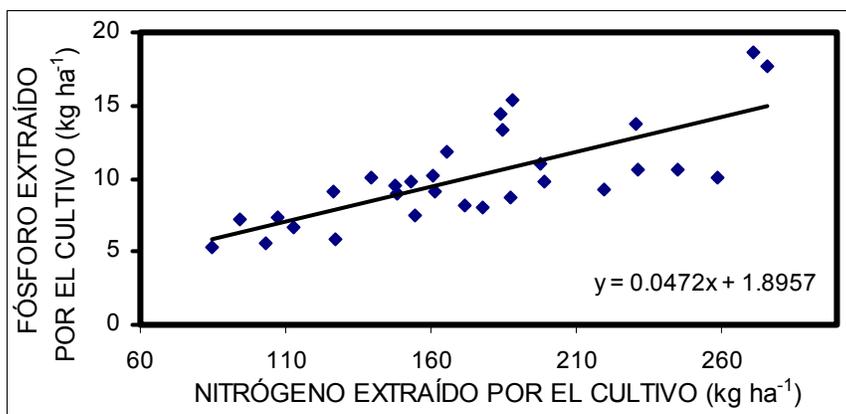


Figura 4.7. Correlación directa entre el nitrógeno y el fósforo extraídos por el cultivo de papa, en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.

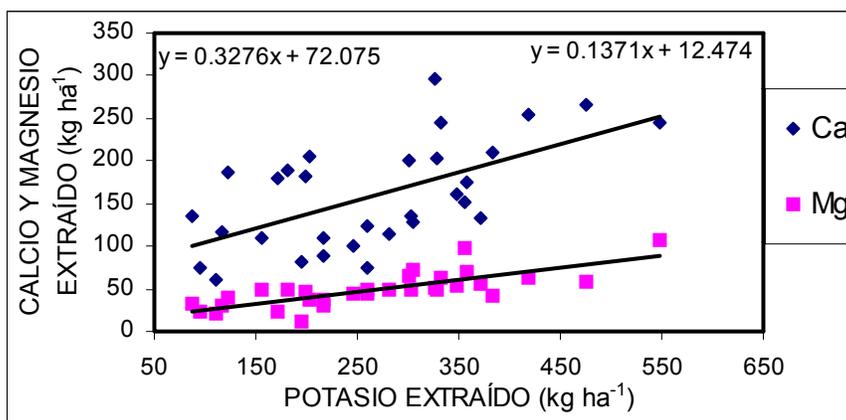


Figura 4.8. Correlación directa entre el potasio, el calcio y el magnesio extraídos por el cultivo de papa, en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.

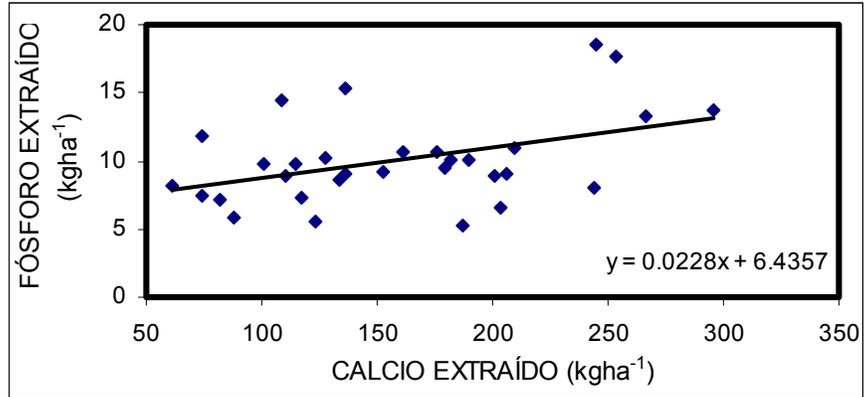


Figura 4.9. Correlación directa entre el calcio y el fósforo extraídos por el cultivo de papa, en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León. 1998.

Producción de materia seca

El Cuadro 4.7. muestra las producciones de materia seca, obtenidas en los 31 sitios de estudio, de donde se desprende lo siguiente: La correlación de matriz arrojó que la producción de materia seca, se encontró asociada en forma positiva al contenido de arcilla en un 54%, a la capacidad de intercambio catiónico en un 39% y al contenido de fósforo en la planta en un 33%, respectivamente; mientras ligada en forma negativa al contenido de limo en un 48% y al contenido de hierro en la planta en un 43%. La correlación directa entre la producción de materia seca y las unidades-calor (U.C.), arrojó que a medida que se incrementa la producción de materia seca, se obtiene una mayor cantidad de unidades-calor en un 1,107.7% (Figura 4.10.), pero con respecto a la correlación entre la producción de materia seca y el rendimiento de tubérculos (Figura 4.11.), se encontró que a medida que ésta se incrementa el rendimiento aumenta en un 29.50%, existiendo relación entre ambos y se

Cuadro 4.7. Producciones de materia seca (M.S.) ordenadas de mayor a menor para cada uno de los sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León. 1998.

SITIOS DE ESTUDIO	LOCALIDAD	REGIÓN	CULTIVAR	M.S. kg ha ⁻¹
11	Emiliano Zapata	Arteaga, Coahuila	Gigant	7750
20	El Mezquite	Galeana, Nuevo León	Alpha	7367
10	Emiliano Zapata	Arteaga, Coahuila	Alpha	6851
7	Los Llanos	Arteaga, Coahuila	Gigant	6280
25	El Cuije	Galeana, Nuevo León	Mondial	5767
8	Los Llanos	Arteaga, Coahuila	Alpha	5608
12	El Cedrito	Arteaga, Coahuila	Alpha	5578
17	El Huachichil	Arteaga, Coahuila	Alpha	5557
16	El Huachichil	Arteaga, Coahuila	Mondial	5492
28	San Joaquin	Galeana, Nuevo León	Atlantic	5432
13	El Huachichil	Arteaga, Coahuila	Gigant	5228
22	Puerto México	Galeana, Nuevo León	Atlantic	5047
29	La Paz	Galeana, Nuevo León	Alpha	4815
19	El Mezquite	Galeana, Nuevo León	Alpha	4742
26	El Cuije	Galeana, Nuevo León	Mondial	4715
9	Emiliano Zapata	Arteaga, Coahuila	Atlantic	4650
18	El Mezquite	Galeana, Nuevo León	Alpha	4478
6	Los Llanos	Arteaga, Coahuila	Atlantic	4430
24	Puerto México	Galeana, Nuevo León	Alpha	4312
5	San Antonio de las A.	Arteaga, Coahuila	Alpha	4255
15	El Huachichil	Arteaga, Coahuila	Gigant	4150
1	El Diamante	Arteaga, Coahuila	Agría	4072
30	La Paz	Galeana, Nuevo León	Alpha	4067
31	La Paz	Galeana, Nuevo León	Gigant	3933
27	El Cuije	Galeana, Nuevo León	Alpha	3922
23	Puerto México	Galeana, Nuevo León	Atlantic	3780
4	San Antonio de las A.	Arteaga, Coahuila	Alpha	3690
2	El Diamante	Arteaga, Coahuila	Alpha	3332
3	Los Lirios	Arteaga, Coahuila	Gigant	3110
21	El Mezquite	Galeana, Nuevo León	Atlantic	2928

contrapone con lo citado por García y Camarena, (1991), referente a estudios realizados sobre diversos aspectos fisiológicos del crecimiento de la papa, encontraron que la producción de materia seca no está correlacionada con el rendimiento de tubérculos.

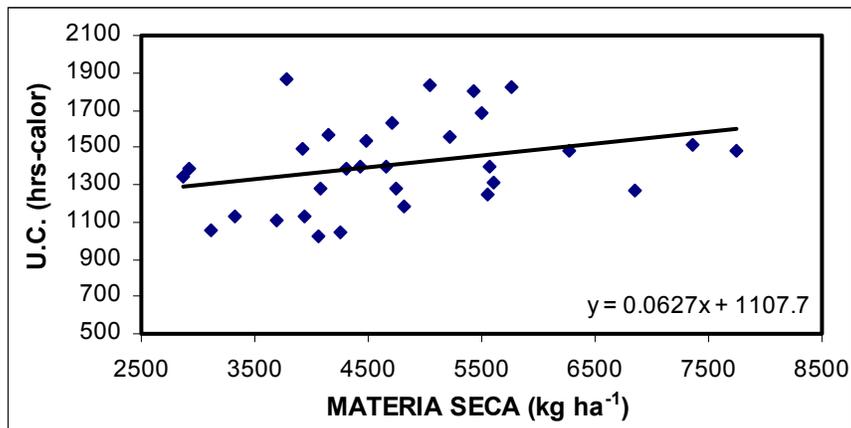


Figura 4.10. Correlación directa entre la producción de materia seca y las unidades calor, en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.

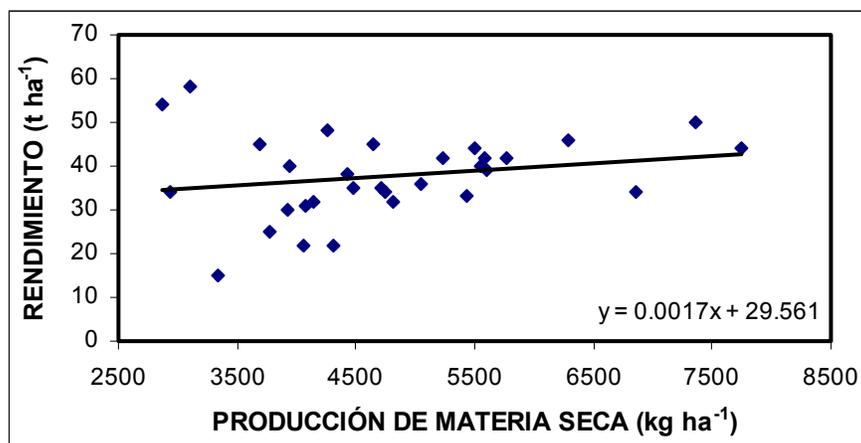


Figura 4.11. Correlación directa entre la producción de materia seca y el rendimiento de tubérculos, en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.

Rendimiento de tubérculos

Los rendimientos obtenidos en los 31 sitios de estudio, expresados en t ha⁻¹, se presentan en el Cuadro 4.8. Con respecto al rendimiento, éste se encontró asociado a la capacidad de intercambio catiónico (CIC), en un 42% y al N/p en un 32% en forma negativa. Sin embargo se encontró que aparte de la CIC, tienen influencia otras características como: el contenido de limo, el contenido de fósforo aprovechable y el contenido de potasio intercambiable. Los sitios que arrojaron los rendimientos de tubérculos más altos (54 y 58 t ha⁻¹), presentaron: una CIC de 35 y 30 meq 100g⁻¹, un contenido de limo de 49.37% y 44.37%, un contenido de fósforo aprovechable de 22.16 y 23.26 ppm y un contenido de potasio intercambiable de 294 y 250 ppm. Mientras que los rendimientos más bajos (15 y 22 t ha⁻¹) presentaron una CIC de 22 y 26 meq 100g⁻¹, un contenido de limo de 42.05% y 39.55%, un contenido de fósforo aprovechable de 17.88 y 16.16 ppm y un contenido de potasio intercambiable de 258 y 217 ppm, respectivamente. Para obtener altos rendimientos es necesario que existan cantidades adecuadas de nutrimentos, un balance entre los mismos y estar en las formas en que puedan ser asimilados por las plantas (Millar, *et. al.*, 1982). En una correlación directa se encontró, significancia entre el rendimiento de tubérculos y los macronutrimentos (N, P, K, Ca y Mg), al nivel de 0.01, Figura 4.12. y significancia con los micronutrimentos (Fe, Mn, Cu y Zn), Figura 4.13. Tanto los macronutrimentos como los micronutrimentos, tienen influencia importante en el rendimiento de tubérculos.

Cuadro 4.8. Rendimientos de tubérculo ordenados de mayor a menor para cada uno de los sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.

SITIOS DE ESTUDIO	LOCALIDAD	REGIÓN	CULTIVAR	RDTO. t ha ⁻¹
3	Los Lirios	Arteaga, Coahuila	Gigant	58
14	El Huachichil	Arteaga, Coahuila	Gigant	54
20	El Mezquite	Galeana, Nuevo León	Alpha	50
5	San Antonio de las A.	Arteaga, Coahuila	Alpha	48
7	Los Llanos	Arteaga, Coahuila	Gigant	46
4	San Antonio de las A.	Arteaga, Coahuila	Alpha	45
9	Emiliano Zapata	Arteaga, Coahuila	Atlantic	45
11	Emiliano Zapata	Arteaga, Coahuila	Gigant	44
16	El Huachichil	Arteaga, Coahuila	Mondial	44
12	El Cedrito	Arteaga, Coahuila	Alpha	42
13	El Huachichil	Arteaga, Coahuila	Gigant	42
25	El Cuije	Galeana, Nuevo León	Mondial	42
17	El Huachichil	Arteaga, Coahuila	Alpha	40
31	La Paz	Galeana, Nuevo León	Gigant	40
8	Los Llanos	Arteaga, Coahuila	Alpha	39
6	Los Llanos	Arteaga, Coahuila	Atlantic	38
22	Puerto México	Galeana, Nuevo León	Atlantic	36
18	El Mezquite	Galeana, Nuevo León	Alpha	35
26	El Cuije	Galeana, Nuevo León	Mondial	35
10	Emiliano Zapata	Arteaga, Coahuila	Alpha	34
19	El Mezquite	Galeana, Nuevo León	Alpha	34
21	El Mezquite	Galeana, Nuevo León	Atlantic	34
28	San Joaquin	Galeana, Nuevo León	Atlantic	33
15	El Huachichil	Arteaga, Coahuila	Gigant	32
29	La Paz	Galeana, Nuevo León	Alpha	32
1	El Diamante	Arteaga, Coahuila	Agria	31
27	El Cuije	Galeana, Nuevo León	Alpha	30
23	Puerto México	Galeana, Nuevo León	Atlantic	25
24	Puerto México	Galeana, Nuevo León	Alpha	22
30	La Paz	Galeana, Nuevo León	Alpha	22
2	El Diamante	Arteaga, Coahuila	Alpha	15

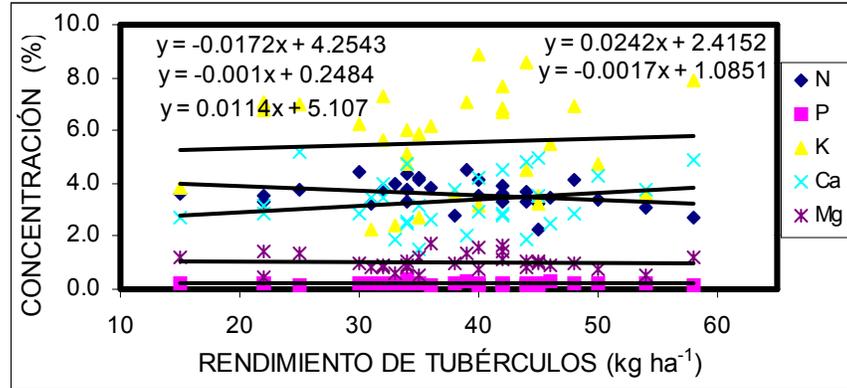


Figura 4.12. Correlación directa entre el rendimiento de tubérculos y los macronutrientos (N, P, K, Ca y Mg), en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.

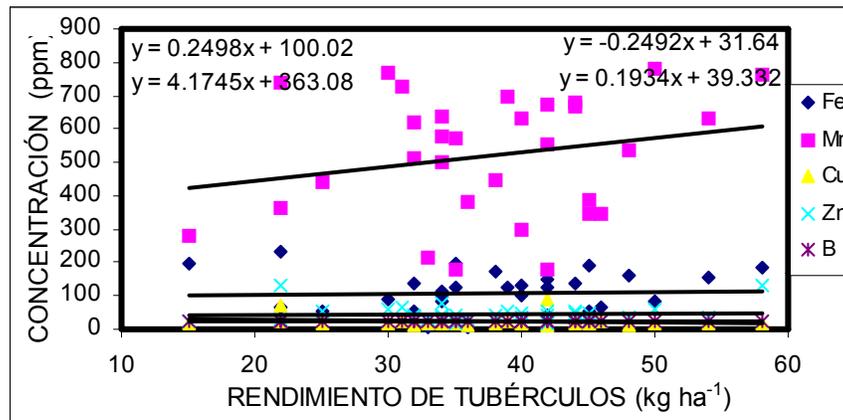


Figura 4.13. Correlación directa entre el rendimiento de tubérculos y los micronutrientos (Fe, Mn, Cu y Zn)), en el área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.

Diagnóstico nutrimental del cultivo

La metodología DRIS, permitió diagnosticar el estado nutrimental del cultivo en la etapa de floración (mitad de ciclo de cultivo), donde se obtuvieron índices DRIS (I.D.), índices de desbalance nutrimental (I.D.N.) y el orden de requerimiento nutrimental (O.R.N.) del cultivo de los 31 sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.

Indices DRIS (I.D.)

Los resultados correspondientes se muestran en el Cuadro 4.9., donde se puede apreciar que el índice DRIS nitrógeno (I.D.N.), se mostró insuficiente en 27 sitios, el sitio 15, fue el más insuficiente (-47.482), por su parte el sitio 27 el más suficiente (+61.002); el índice DRIS fósforo (I.D.P.), arrojó insuficiencia en 29 sitios, donde el sitio 15 fue el más insuficiente (-55.976) y el sitio 27 el más suficiente (+43.396); el índice DRIS potasio (I.D.K.), insuficiente en 5 sitios, donde el sitio 31 resultó el más insuficiente (-16.601) y el sitio 25 el más suficiente (+119.530); el índice DRIS calcio (I.D.Ca.), arrojó insuficiencia en 7 sitios, resultando el sitio 4, el más insuficiente (-19.684) y el sitio 17, el más suficiente (+50.390); el índice DRIS magnesio (I.D.Mg.), insuficiente en 2 sitios, el sitio 14, el más insuficiente (-29.749) y el sitio 25, el más suficiente (+278.877); el índice DRIS hierro (I.D.Fe.), mostró insuficiencia en 30 sitios, donde el sitio 25, fue el más insuficiente (-599.940) y el sitio 30, el más suficiente (+1.702); el índice DRIS manganeso (I.D.Mn.), insuficiente en 6 sitios, donde el sitio 29, fue el más insuficiente (-15.412) y el sitio 25, el más suficiente (+34.907); el índice DRIS cobre (I.D.Cu.), no mostró insuficiencia, donde el sitio 27, presentó la mayor suficiencia (+119.605); el índice DRIS zinc (I.D.Zn.), insuficiente en 26 sitios, se encontró que el sitio 29, fue el más insuficiente (-64.076) y el sitio 15, el más suficiente (+15.696) y el índice DRIS boro (I.D.B.), insuficiente en 2 sitios, donde el sitio 18, se mostró mas insuficiente (-0.392) y el sitio 27, el más suficiente (+100.353). El I.D.Fe., el I.D.P., el I.D.N., y el I.D.Zn., fueron los nutrimentos más insuficientes en un 96.7%, 93.5%, 87.0% y 83.8%

Cuadro 4.9.

Valores correspondientes a los índices DRIS de los nutrientes en estudio obtenidos por la metodología DRIS, para cada uno de los sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León 1998.

SITIOS DE ESTUDIO	INDICES DRIS					INDICES DRIS				
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
1	-10,483	-15,380	0,281	3,076	48,247	-3,997	-6,374	15,608	-44,683	13,705
2	-13,493	-11,607	-1,186	15,446	31,559	-3,620	0,563	10,581	-42,238	13,996
3	-7,358	-28,762	26,950	2,087	24,024	-10,051	7,948	0,298	-23,840	8,704
4	-14,318	-9,257	17,780	-19,684	36,336	-26,016	10,319	18,557	-17,390	3,673
5	-7,147	1,335	7,916	-2,320	18,362	-22,631	5,468	13,498	-22,632	8,151
6	-24,373	-25,459	20,841	-3,507	58,068	-24,325	10,086	1,479	-17,434	4,624
7	2,247	-28,567	-4,169	7,011	18,348	-21,175	13,106	13,989	-10,798	10,009
8	-9,579	-31,761	15,965	3,388	38,987	-19,616	8,038	11,171	-23,748	7,154
9	-20,143	-21,095	21,109	-3,369	30,762	-34,827	9,822	8,766	1,936	7,039
10	-15,339	-20,838	10,767	19,158	13,789	-35,129	16,917	10,577	-7,755	7,852
11	-21,718	-17,090	33,403	7,115	61,318	-54,213	-0,495	25,031	-46,828	13,478
12	-5,177	-31,166	20,311	0,805	24,793	-35,141	15,354	13,567	-9,085	6,503
13	-10,847	-20,275	38,375	19,817	20,197	-64,852	14,799	8,581	-18,087	12,291
14	-34,501	-23,449	17,350	-8,675	-29,749	-10,315	4,450	73,041	13,403	-1,554
15	-47,842	-55,976	33,259	18,188	31,626	-12,684	7,950	8,740	15,696	1,039
16	-14,140	-0,707	21,450	1,573	31,446	-45,254	0,504	31,590	-42,683	16,220
17	-17,970	-4,309	86,944	50,390	70,176	-292,692	32,955	52,939	-5,856	27,423
18	-45,010	-47,961	15,173	8,230	42,427	-32,433	-2,378	100,142	-37,796	-0,392
19	-12,737	-14,149	1,496	18,327	-0,780	-8,083	15,097	16,514	-26,644	10,958
20	-13,684	-14,910	14,616	7,982	17,788	-15,691	6,008	18,686	-29,001	8,205
21	-27,061	-40,298	42,436	15,748	58,998	-21,371	-10,245	6,842	-33,594	8,545
22	-23,989	-17,762	-1,447	15,309	30,816	-6,569	3,260	8,649	-17,414	9,146
23	-33,573	-34,992	1,369	41,791	52,200	-52,541	2,777	17,314	-10,216	15,871
24	-11,428	-20,455	8,541	23,826	19,416	-26,261	10,225	16,257	-29,402	9,278
25	23,738	-13,631	119,530	44,211	278,877	-599,940	34,907	68,727	-25,942	69,527
26	-16,958	-43,833	33,385	29,854	54,670	-69,869	1,554	14,547	-12,916	9,565
27	61,002	43,396	44,650	45,533	114,614	-555,093	17,894	119,605	8,042	100,353
28	-6,687	-23,330	9,714	-10,370	22,112	-12,179	15,038	9,480	-12,890	9,112
29	-1,552	-25,843	61,664	14,732	69,557	-80,630	-15,412	12,753	-64,076	28,806
30	10,798	-8,015	-4,049	-8,524	12,167	1,702	-13,303	25,217	-38,700	22,708
31	-7,114	1,267	-16,601	26,630	45,156	-158,080	30,279	47,002	9,643	21,817

de los sitios de estudio, por su parte el I.D.Ca., I.D.Mn., I.D.K., I.D.Mg. y I.D.B. insuficientes en un 22.5%, 19.3%, 16.1%, 6.4% y 6.4% de los sitios respectivamente, mientras que el I.D.Cu., fué el nutrimento más suficiente en el 100% de los sitios.

Indices de desbalance nutricional (I.D.N.)

En el Cuadro 4.10, se presentan los índices de desbalance nutricional (I.D.N.), correspondientes a cada uno de los sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León, donde se encontró que todos los sitios arrojaron un desbalance nutrimental en el cultivo de la papa, ya que ninguno mostró un valor absoluto igual a cero, que de acuerdo a la metodología DRIS, un valor igual a cero es considerado un adecuado balance nutricional en el cultivo. Un índice DRIS, es la suma de valores absolutos de todos los nutrimentos contenidos en una muestra; a medida que el valor en cuestión sea mayor indicará un mayor desbalance que puede repercutir en un bajo rendimiento. (Davee, *et. al.*, 1986). Los sitios 27, y 25, que arrojaron el mayor desbalance nutrimental (1110.18 y 1279.02, suma en el valor absoluto), mostró el primero (27), suficiencia en: N, P, Cu y B, mientras que el segundo (25), mostró suficiencia en: K, Mg y Mn; por su parte los sitios 5, y 19, arrojaron el menor desbalance nutricional, mostrando el menor valor absoluto (109.46 y 124.78), de la suma de índices DRIS. Con respecto al rendimiento de tubérculos y la relación con los índices de desbalance nutricional, se encontró que los sitios 27, y 25, que mostraron el mayor desbalance nutricional arrojaron

Cuadro 4.10. Índices de desbalance nutricional (I.D.N.) ordenados de mayor a menor para cada uno de los sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.

SITIOS DE ESTUDIO	SUMA DE INDICES DRIS POSITIVOS	SUMA DE INDICES DRIS NEGATIVOS	INDICES DE DESBALANCE NUTRICIONAL
25	639,51	-639,51	1279,02
27	555,09	-555,09	1110,18
17	320,82	-320,82	641,65
29	187,51	-187,51	375,02
31	181,79	-181,79	363,59
18	165,97	-165,97	331,94
26	143,57	-143,57	287,15
11	140,34	-140,34	280,68
21	132,56	-132,56	265,13
23	131,32	-131,32	262,64
15	116,50	-116,50	233,00
13	114,06	-114,06	228,12
14	108,24	-108,24	216,48
16	102,78	-102,78	205,56
6	95,09	-95,09	190,19
24	87,54	-87,54	175,09
4	86,66	-86,66	173,33
8	84,70	-84,70	169,40
12	81,33	-81,33	162,67
1	80,91	-80,91	161,83
9	79,43	-79,43	158,86
10	79,06	-79,06	158,12
20	73,28	-73,28	146,57
30	72,59	-72,59	145,18
2	72,14	-72,14	144,28
3	70,01	-70,01	140,02
22	67,18	-67,18	134,36
28	65,45	-65,45	130,91
7	64,70	-64,70	129,41
19	62,39	-62,39	124,78
5	54,73	-54,73	109,46

un rendimiento de 30 y 42 t ha⁻¹; mientras que los sitios 5, y 19, que presentaron el menor desbalance nutricional, arrojaron un rendimiento de 48 y 34 t ha⁻¹ respectivamente. Una correlación de matriz, arrojó que el índice DRIS nitrógeno (I.D.N.), se encontró asociado al I.D.B. en un 84%, al I.D.P. en un 73% y al contenido de N en la planta en un 53%; el índice DRIS fósforo (I.D.P.), asociado al I.D.N. en un 73%, al I.D.B. en un 67% y al contenido de P en la planta en un 44%; el índice DRIS potasio (I.D.K.), ligado al I.D.Mg. en un 76%, al contenido de K en la planta en un 60% y al I.D.B. en un 52%; el índice DRIS calcio (I.D.Ca.), ligado al I.D.B. en un 59%, al contenido de Ca en la planta en un 56% y al I.D.Mg. en un 54%; el índice DRIS magnesio (I.D.Mg.), se encontró asociado al I.D.K. en un 76%, al I.D.B. en un 72% y al contenido de Mg en la planta en un 56%; el índice DRIS hierro (I.D.Fe.), asociado al contenido de Fe en la planta en un 65%; el índice DRIS manganeso (I.D.Mn.), se encontró asociado al I.D.Zn. en un 59%, al contenido de Mn en la planta en un 57% y al I.D.Ca. en un 43%; el índice DRIS cobre (I.D.Cu.), asociado al I.D.B. en un 61%, al contenido de Cu en la planta en un 58% y al I.D.P. en un 43%; el índice DRIS zinc (I.D.Zn.), se encontró asociado al contenido de Zn en la planta en un 78%, al contenido de Mn en la planta en un 64% y al I.D.Mn. en un 59%; el índice DRIS boro (I.D.B.), asociado al I.D.N. en un 84%, al I.D.Mg. en un 72% y al I.D.P. en un 67%, respectivamente.

Orden del requerimiento nutrimental

La jerarquización de los nutrimentos requeridos por el cultivo, para cada una de las localidades de estudio, se presentan en el Cuadro 4.11., donde se encontró que los nutrimentos más requeridos en orden de importancia fueron en primer orden (Fe>P>Zn>N), en segundo orden (P=Zn>N>Fe>K=Mg=Mn) y en tercer orden (N>Zn>P>Fe>Ca=Mn). Por su parte los nutrimentos menos requeridos en orden de importancia fueron en primer orden (Mg<Cu<K<Ca), en segundo orden (Mg=K<Cu<Ca<Mn<B) y en tercer orden (B<Mn<K=Cu<Ca<Mg<Zn). Lo anterior es típico de los suelos semiáridos (Nuñez, 1986). El pH alcalino (>8.0) y la cantidad alta de carbonatos (CO₃), presentes en el suelo reducen la disponibilidad de los elementos (Lindsay, 1983). Los elementos minerales, principalmente requeridos por el cultivo son: N, P, K y Mg, (Talavera,1983). Uno de los principales problemas que se presentan en los suelos calcáreos cultivados, son los relacionados con la baja disponibilidad de P, Fe y Zn, (Mortvedt, 1983).

Cuadro 4.11. Orden del requerimiento nutrimental para cada uno de los sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.

SITIOS DE ESTUDIO	ORDEN DE REQUERIMIENTO NUTRIMENTAL
1	Zn>P>N>Mn>Fe>K>Ca>B>Cu>Mg
2	Zn>N>P>Fe>K>Mn>Cu>B>Ca>Mg
3	P>Zn>Fe>N>Cu>Ca>Mn>B>Mg>K
4	Fe>Ca>Zn>N>P>B>Mn>K>Cu>Mg
5	Zn>Fe>N>Ca>P>Mn>K>B>Cu>Mg
6	P>N>Fe>Zn>Ca>Cu>B>Mn>K>Mg
7	P>Fe>Zn>K>N>Ca>B>Mn>Cu>Mg
8	P>Zn>Fe>N>Ca>B>Mn>Cu>K>Mg
9	Fe>P>N>Ca>Zn>B>Cu>Mn>K>Mg
10	Fe>P>N>Zn>B>Cu>K>Mg>Mn>Ca
11	Fe>Zn>N>P>Mn>Ca>B>Cu>K>Mg
12	Fe>P>Zn>N>Ca>B>Cu>Mn>K>Mg
13	Fe>P>Zn>N>Cu>B>Mn>Ca>Mg>K
14	N>Mg>P>Fe>Ca>B>Mn>Zn>K>Cu
15	P>N>Fe>B>Mn>Cu>Zn>Ca>Mg>K
16	Fe>Zn>N>P>Mn>Ca>B>K>Mg>Cu
17	Fe>N>Zn>P>B>Mn>Ca>Cu>Mg>K
18	P>N>Zn>Fe>Mn>B>Ca>K>Mg>Cu
19	Zn>P>N>Fe>Mg>K>B>Mn>Cu>Ca
20	Zn>Fe>P>N>Mn>Ca>B>K>Mg>Cu
21	P>Zn>N>Fe>Mn>Cu>B>Ca>K>Mg
22	N>P>Zn>Fe>K>Mn>Cu>B>Ca>Mg
23	Fe>P>N>Zn>K>Mn>B>Cu>Ca>Mg
24	Zn>Fe>P>N>K>B>Mn>Cu>Mg>Ca
25	Fe>Zn>P>N>Mn>Ca>Cu>B>K>Mg
26	Fe>P>N>Zn>Mn>B>Cu>Ca>K>Mg
27	Fe>Zn>Mn>P>K>Ca>N>B>Mg>Cu
28	P>Zn>Fe>Ca>N>B>Cu>K>Mn>Mg
29	Fe>Zn>P>Mn>N>Cu>Ca>B>K>Mg
30	Zn>Mn>Ca>P>K>Fe>N>Mg>B>Cu
31	Fe>K>N>P>Zn>B>Ca>Mn>Mg>Cu

V. CONCLUSIONES

La región de estudio, presenta condiciones de temperatura adecuada para el desarrollo del cultivo de papa, una media de 15.2°C; sin embargo cuando la temperatura (T) se incrementa el rendimiento de tubérculos se ve disminuido en un 53.77%. Las unidades-calor (U.C.), mostraron estar asociadas a la producción de materia seca en un 36%, no así al rendimiento de tubérculos el cual se ve afectado en un 40.8%.

El área de estudio presenta en su mayoría suelos del tipo migajón-arcillo-limosos en un 38.7%, arcillosos en un 19.3, arcillo-limosos en un 19.3 y migajón-arcillosos en un 6.4, considerados poco aptos para el cultivo de la papa, repercuten en una mayor retención de agua y una aireación baja. El contenido de arcilla asociado en forma positiva a la producción de materia seca en un 54%.

La CIC ligada al rendimiento de tubérculos en un 42%, cuando la CIC se incrementa en el suelo el rendimiento aumenta en un 17.05%. Con respecto a la C.E.s. a medida que ésta se incrementa el rendimiento disminuye en un 39.7%.

Los cationes y aniones más significativos fueron Mg^{+2} y Na^{+1} , Cl^{-1} y SO_4^{-2} , al igual que la C.E.a., de acuerdo a un análisis de componentes principales.

El contenido nutrimental del cultivo, mostró concentraciones bajas en nitrógeno en un 69.3 por ciento, fósforo en un 93.5, potasio en un 64.5, magnesio en un 58.0%, hierro en un 48.3% y zinc en un 58.0 de los sitios de estudio y concentraciones altas en calcio, manganeso y cobre en el 100 por ciento de los sitios.

La producción de materia seca resultó estar asociada a las unidades-calor (U.C.), y al contenido de arcilla. Altas producciones de materia seca en los sitios de estudio, presentaron altas cantidades de U.C. y altos contenidos de arcilla.

Un rendimiento alto de tubérculos (58 t ha^{-1}), se obtuvo en una C.E.s. de $1.15 \text{ mmho cm}^{-1}$, una CIC de $30 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$, un contenido de materia orgánica de 2.97% y un contenido de CO_3^{-2} en el suelo de 12.64%. Un análisis de componentes principales arrojó que solamente las variables antes descritas resultaron significativas.

Existió desbalance en los 31 sitios de estudio. El orden de requerimiento nutricional arrojó que: $\text{Fe} > \text{P} > \text{Zn} > \text{N}$, fueron los nutrimentos más requeridos por el cultivo.

Las recomendaciones de fertilización, indican poner atención a nitrógeno, fósforo, zinc y hierro.

VI. RESUMEN

Uno de los principales problemas, en el cultivo de la papa en las regiones de Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León, vienen a ser las dosis de fertilización (137-151 U de N, 388-390 U de P_2O_5 , 300-310 U de K_2O), que pueden causar desbalance nutricional, afectando el desarrollo y rendimiento del cultivo. Este trabajo se inició en Febrero de 1997 y concluyó en Noviembre de 1998, se realizó en 31 localidades ubicadas en la zona productora de papa, para obtener un diagnóstico nutrimental del cultivo y con ello derivar recomendaciones de fertilización. El objetivo del presente trabajo de investigación fue: realizar un diagnóstico nutrimental del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L*), considerando el suelo, el agua de riego, la planta misma y en forma muy general las condiciones de clima, para determinar a través de la metodología DRIS, el desbalance nutrimental del cultivo. La ubicación de los sitios de estudio, se llevó a cabo realizando algunos recorridos en el área, definiéndose 31 localidades y tratando que estos fueran representativos, ubicando 17 de ellos en la región de Arteaga, Coahuila y 14 en la región de Galeana, Nuevo León. La primera actividad a realizar fue el muestreo de suelos, antes del establecimiento del cultivo a una profundidad de 40 cm, obteniendo 20 sub-muestras conformando una muestra compuesta, secada a temperatura ambiente y tamizada en malla de 2 mm, realizándose posteriormente las determinaciones físicas y químicas en los laboratorios del Dpto. de Suelos en la UAAAN. Otra de las actividades realizadas, fue la toma

de muestras de agua de riego en cada uno de los sitios, tomando una cantidad del líquido correspondiente directamente del tubo de salida, cuando los equipos de bombeo se encontraban en actividad, durante el desarrollo del cultivo, los análisis se realizaron en el laboratorio de Calidad de Aguas del Dpto. de Riego y Drenaje en la UAAAN. La toma de muestras vegetales por su parte, se realizó cuando el cultivo presentó de un 20 a un 50 por ciento de floración, se considera a esta etapa como la mitad del ciclo de cultivo, existiendo la mayor exigencia nutrimental por la planta. Se recolectaron 30 folíolos (hojas) al azar de plantas fotosintéticamente activas, considerando el cuarto y quinto folíolo del crecimiento apical hacía abajo, siendo depositados en bolsas de plástico y conservados en hielo, trasladándose al laboratorio donde se realizó el lavado y secado de las mismas, pasando a la etapa de molido, donde se utilizó un molino de acero inoxidable, pasando la muestra ya molida por un tamiz de malla fina, con el fin de tener una homogeneidad de la misma. Las determinaciones de N, P, K, Ca y Mg, se reportan en por ciento (%), con base en materia seca y para Fe, Mn, Cu y Zn en partes por millón (ppm) con base en materia seca. El nitrógeno, se determinó por Kjeldhal, fósforo, por Colorimetría y potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre y zinc por Absorción atómica, realizadas en el laboratorio de Fertilidad de Suelos del Dpto. de Suelos y de Biotecnología del Dpto. de Horticultura en la UAAAN. La producción de materia seca expresada en kg ha^{-1} , se obtuvo del peso seco de cuatro plantas completas tomadas al azar. El rendimiento de tubérculos se estimó midiendo en el terreno una distancia de 2 metros, considerando dos surcos al momento de la cosecha, clasificando los tubérculos ahí obtenidos en cuatro categorías (1as, 2as, 3as y

4as). Se hicieron mediciones de peso, considerando tres repeticiones, obteniendo una media, expresando los resultados en $t\ ha^{-1}$. Con respecto a la extracción de nutrimentos por el cultivo, expresados en $kg\ ha^{-1}$ para un rendimiento medio de $37.6\ t\ ha^{-1}$ fue de: 172.96 de N, 10.06 de P_2O_5 , 266.58 de K_2O , 159.40 de CaO, 49.03 de MgO, 0.497 de Fe, 2.514 de Mn, 0.394 de Cu y 0.215 de Zn. En este trabajo se utilizó la metodología DRIS, propuesta por Beaufils (1973), y se aplicó el programa de cómputo versión 1.3, desarrollado por García, Olivares y Cortéz, (2003), el cual permitió diagnosticar el estado nutrimental del cultivo en la etapa de floración (mitad de ciclo del cultivo), en sus niveles de suficiencia e insuficiencia, obteniendo los índices DRIS (I.D.) correspondientes. Las normas de comparación a considerar fueron las obtenidas en Coahuila y Nuevo León por García, (2000). Se encontró que los índices DRIS para N, P, Fe y Zn, arrojaron valores negativos en la mayoría de los sitios, que indican una concentración baja de los nutrimentos en cuestión. Los índices de desbalance nutricional (I.D.N.) obtenidos, arrojaron que todos los sitios en la región presentaron desbalance nutrimental, ya que ninguno mostró un valor absoluto igual a cero, que se refiere a un adecuado balance nutrimental en el cultivo de acuerdo a la metodología DRIS. El orden del requerimiento por el cultivo de papa fue: $Fe > P > Zn > N$; siendo éstos los más requeridos, mientras que $Mg < Cu < K < Ca$, fueron los menos requeridos. Lo anterior es típico de los suelos semiáridos (Núñez, 1986). La fertilización media, realizada al cultivo de papa en las regiones de Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León, va desde las 137–151 unidades de N, 388-390 unidades de P_2O_5 y 300-310 unidades de K_2O . El buen desarrollo del cultivo y los excelentes

rendimientos no solo dependen de la fertilización. El diagnóstico realizado, al cultivo de papa, determinó que es necesario considerar las etapas de máxima exigencia nutrimental por la planta, y corregir a través de los fertilizantes químicos las insuficiencias presentadas. De acuerdo a la hipótesis planteada al inicio de este trabajo se concluye: que en verdad fueron los macroelementos (N, P, K, Ca, y Mg) y los microelementos (Fe, Mn, Cu, Zn y B), factores que limitaron los rendimientos, y que la demanda de nutrimentos se encontró diferente en cada uno de los sitios, por su parte la metodología DRIS, indicó el desbalance nutrimental del cultivo y existieron otros factores como la temperatura del medio ambiente, las U.C., el suelo, el agua de riego y el manejo del cultivo que influyeron en la producción de materia seca y el rendimiento de tubérculos. Existió la insuficiencia de elementos como: N, P, Fe y Zn, después de las fertilizaciones realizadas al cultivo.

VII. LITERATURA CITADA

- Aguilera, C.M. y R. Martínez E. 1996. Relaciones agua-suelo-planta-atmosfera. Universidad Autónoma Chapingo. 4ª edición. Chapingo, México.
- Alcantar, G.G., J.D. Etchevers B. y A. Aguilar S. 1992. Los análisis físicos y químicos (su aplicación en agronomía). Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Alsina, G.L. 1976. Horticultura general. Editorial Sintet, S. A. Barcelona, España. 3ª edición.
- Alvarez, L.M.E. 1970. Estudio preliminar para el uso del análisis foliar en el cultivo del maíz. Tesis. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- Andrade, H.M.C. 1995. Balance nutricional y un bioactivador húmico en un suelo calcáreo cultivado con papa (*Solanum tuberosum* L.) en Arteaga, Coahuila. Tesis de Maestría – Suelos. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Baver, D.L., W. Gardner H y W. Gardner R. 1973. Física de suelos. Editorial UTEHA. 1ª edición. México, D.F.
- Bayer de México. 1995. Manual para papa. Boletín. Bayer de México, S.A. de C.V. México, D.F.
- 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, South Africa.
- Beaufils, E.R. 1975. Calibration of soil and treatment yield. Quality factors illustration of how the proposed diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) is applied. 6 Soil Sci. Congres of South Africa.
- Beaufils, E.R. and M Sumner E. 1976. Application of the DRIS approach for calibrating soil, plant yield and plant quality factors sugarcane. Proc. South Africa. Sugar Tech. Assoc. 50.
- Beukama, H.P. and D.E. Vander, Z. 1979. Potato improvent international agricultural center. Wac genige, Holanda.

- Bonner, J. y A. Galston W. 1970. Principios de fisiología vegetal (versión española de Federico Portillo). Aguilar, S.A. ediciones. Madrid, España. 5ª edición española, 2ª reimpresión. 485p.
- Bould, C. 1966. Leaf analysis of deciduous fruits In: Childers, N.F. (ed). fruit nutrition. temperature to tropical sener set press, inc. Somerville New Jersey, USA.
- Buckman, O.H. y N. Brady C. 1985. Naturaleza y propiedades de los suelos. Editorial UTEHA. México, D.F.
- Burton, W.G. 1981. Challenges for stress physiology in potato. Amer. Potato Journal. New Jersey. USA. 58 (1).
- Castaños, M.C. 1993. Horticultura (manejo simplificado). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Castro, F.R. 1989. Variabilidad espacial de variables agronómicas en un predio cultivado con alfalfa (*Medicago sativa*). Tesis de Maestria - Suelos. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Cedillo, R.H.C. 1995. Evaluación de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum L.*) con cinta de goteo colocada a dos profundidades. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Cepeda, D.J.M. 1991. Química de suelos. Editorial Trillas. 2ª edición. México, D.F.
- Cepeda, D.J.M. 1997. Notas del curso de química de suelos. UAAAN – Postgrado. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Cooke, W.C. 1975. Fertilizing for maximum yield. Cros by Lokwood Staples. London. Second edition. 297p.
- Correl, S.D. 1952. Section tuberasium of the genus solanum of north america and central america. Agriculture Monograph. No. 11. Washington, USA.
- Cubero, J.J. y M. Moreno T. 1993. La agricultura del siglo XXI. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Custodio, E. y R. Llamas M. 1976. Hidrología subterránea. Editorial Omega. 2ª edición. Barcelona, España.
- Chapman, D.H. 1973. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Editorial Trillas. 1ª edición en español. México, D.F.
- Chena, G.R. 1967. Boletín de guanos y fertilizantes de méxico, S.A. Publicación Trimestral. No. 51. México, D.F.

- Daubenmire, R.F. 1990. Ecología vegetal (tratado de autoecología de plantas). Editorial Limusa, S.A. de C.V. México, D.F.
- Davee, D.E., L. Righetti T, E. Fallahi and S. Robinson. 1986. An evaluation of the DRIS approach for identifying mineral limitation on yield in "napoleon" sweet cherry. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111 (6). USA.
- Davis, S.N. y J.M. De Wiest, R. 1971. Hidrogeología. Editorial Omega. Barcelona, España.
- Delgado, M.J. 1979. Ecología de los sistemas agrícolas. Blume, Ediciones. Madrid, España.
- Delorit, R.J. y L. Ahlgren H. 1983. Producción agrícola. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. 7ª edición. México, D.F.
- Drake, W.G.M. y V. Colby J. 1971. Boletín de guanos y fertilizantes de México, S.A. Publicación Trimestral. No. 65/66. México, D.F.
- Edmond, J.R., L. Senn T. y S. Andrews F. 1981. Principios de Horticultura. Compañía Editorial Continental, S.A. 3ª edición. México, D.F.
- Elachkar, H.J.S. 1990. Evaluación de tres genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.) por el método de correlaciones y análisis de componentes principales en diferentes localidades del sur de Coahuila y Nuevo León. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Etchevers, D.J. y M. Ojeda R. 1995. Revistas Periódicas y Publicaciones Seriadas. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México.
- Fabiani, L. 1967. La Patata. Editorial AEDOS. Barcelona, España.
- Fassbender, N.W. y E. Bornemisza S. 1987. Química de suelos (con énfasis en suelos de América Latina). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 5ª edición. San José de Costa Rica.
- Fernández, G.R. 1968. Boletín de Guanos y Fertilizantes de México, S.A. Publicación Trimestral. No. 51. México, D.F.
- Fersini, A. 1979. Horticultura práctica. Editorial Diana, S.A. México, D.F.
- Flores, L.J.D. 1993. Bioactivadores húmicos y fertilización en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en Arteaga, Coahuila. Tesis de Maestría - Suelos. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.

- Foth, H.D. y M. Turk L. 1975. Fundamentos de la ciencia del suelo. Compañía Editorial Continental, S.A. México, D.F.
- García, De M.E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª edición corregida y aumentada. México, D.F.
- García, De M.E. 1986. Apuntes de climatología. 5ª edición. México, D.F.
- García, G.S.J. 1989. Diagnóstico nutricional y respuesta del maíz bajo riego a la fertilización nitrofosfatada en el norte de Coahuila. Tesis de Maestría – Suelos. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- García, G. S. J. 2000. Establecimiento de normas DRIS, diagnóstico nutricional y calibración de las normas en Coahuila y Nuevo León. Tesis de Doctorado-Ciencias Agrícolas. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, Nuevo León, México.
- García, G. S. J., E. Olivares S y J.J. Cortéz B. 2003. Diagnóstico nutrimental por medio de índices DRIS para el cultivo de papa en Coahuila y Nuevo León. Programa computacional. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, Nuevo León, México.
- García, S.P. y G.Camarena G. 1991. Aspectos fisiológicos del crecimiento de la papa. Distribución de carbohidratos en el follaje y producción de materia seca. Memorias del IV Congreso Nacional de la papa. Los Mochis, Sinaloa. México.
- Gavande, A.S. 1982. Física de suelos. Principios y aplicaciones. Editorial Limusa, S.A. 4ª reimpression. México, D.F.
- González, A.J.J. 1988. Determinación del punto de equilibrio para la producción de papa en tres regiones productoras en México. Tesis de Maestría – Fitomejoramiento. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Grande, L.R. 1974. Métodos para análisis físicos y químicos en suelos agrícolas. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Instituto de Investigaciones de Zonas Desérticas. San Luis Potosí, México.
- Howeler, R.H. 1994. Análisis del tejido vegetal en el diagnóstico de problemas nutricionales. Algunos cultivos tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática). 1993. Anuario estadístico del estado de Nuevo León. Aguascalientes, México.
- INEGI. 1994. Resultados definitivos del VII censo agrícola – ganadero en Nuevo León. Aguascalientes, México.

- INEGI. 1995^a. Mapa general del estado de Coahuila. Escala 1:800000. México, D.F.
- INEGI. 1995^b. Mapa general del estado de Nuevo León. Escala 1:800000. México, D.F.
- INEGI. 1995^c. Cartas topográficas y geológicas con integración territorial. Escala 1:50000. (G14C34, G14C35, G14C44, G14C45, G14C55). Aguascalientes, México.
- INEGI. 1997. Cultivos anuales de México. VII Censo agropecuario. Aguascalientes, México.
- INEGI. 1998. Estadísticas del medio ambiente. Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente. 1995-1996. Aguascalientes, México.
- INEGI. 1999. Anuario de estadísticas por entidad federativa. Dirección General de Difusión. Aguascalientes, México.
- INEGI. 2004. Anuario de estadísticas por entidad federativa. Dirección General de Difusión. Aguascalientes, México.
- Jackson, L.M. 1964. Análisis químico de suelos. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España.
- Jones, J.B. Jr., B. Wolf. and A. Mills H. 1991. Plant Analysis Handbook. Micro – macro Publishing, inc.
- Keith, T.D. 1973. Hidrología (agua subterránea). Editorial Paraninfo, S.A. Madrid, España.
- Kenworthy, D.L. 1961. Interpreting the balance of nutrient elements in leaves of fruit trees. In: W. Reuter (ed). Plant Analysis and fertilizer problems. A.I.B.S. Pub. 8. Washington, D.C.
- Koppen, W. 1948. Climatología (con estudio de los climas de la tierra). Fondo de Cultura Económica. México – Buenos Aires. México, D.F.
- Little, M.T. y F. Jackson H. 1991. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Editorial Trillas. 2^a reimpresión. México, D.F.
- Lira, S.R. 1994. Fisiología vegetal. Editorial Trillas, S.A. de C.V. 1^a edición. México, D.F.

- Limón, O.A. 1988. Calidad de agua para riego y ejemplos específicos en el estado de Tlaxcala. Monografía. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Lindsay, W. L. 1972. Zinc in soils and plant nutrition. *Advances in agronomy*. 24.
- López, R.J. y J. López M. 1978. El Diagnóstico de suelos y plantas (métodos de campo y laboratorio). Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, España.
- López, R.J. y J. López M. 1990. El Diagnóstico de suelos y plantas (métodos de campo y laboratorio). Ediciones Mundi – Prensa. 4ª edición. Madrid, España.
- Maroto, B.J.V. 1989. Horticultura herbácea especial. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, España.
- Martínez, M.E. 1974. Análisis foliar de nitrógeno y fósforo como método para diagnosticar el estado nutricional del cultivo del maíz. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Mateo, B.J.M. y P. Urbano T. 1970. Nutrición de plantas de cultivo (fisiología aplicada a las plantas agrícolas). Editorial Lenos. 1ª edición en español. Madrid, España. 631p.
- Méndez, G.V. 1982. Efecto de mejoradores de suelo y dosis de fertilización fosfatada en el desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) en un suelo de pH alcalino. Tesis de Maestría – Suelos. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Melsted, S.W., L. Motto N, and R. Peck T. 1969. Critical plant nutrient composition values use full interpreting plant analysis data. *Agronomy Journal*. Vol. 61. USA.
- Metcalf, S.D. y D. Elkins M. 1987. Producción de Cosechas (Fundamentos y Prácticas). Noriega Editores. Editorial Limusa, S.A. de C.V. 1ª edición. México, D.F.
- Millar, C.E., M. Turk L y D. Foth A. 1982. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. Compañía Editorial Continental, S.A. México, D.F.
- Mortvedt, J.J., M. Giordano P y L. Lindsay W. 1983. Micronutrientes en la Agricultura. AGT Editor, S.A. 1ª edición en español. México, D.F.
- Narro, F.E.A. 1994. Física de suelos con enfoque agrícola. Editorial Trillas. México, D.F.
- Narro, F.E.A. 1997. Curso de nutrición vegetal. UAAAN – Postgrado. Buenavista, Saltillo, Coahuila.

- Narro, F.E.A. 1997. Nutrición y sustancias húmicas en el cultivo de la papa. Artículo científico. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Nuñez, M.J.H. 1986. Factores edáficos que afectan la nutrición vegetal en regiones semiáridas. Seminario de nutrición de frutales. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Ojeda, D. y E. Ojeda, T. 1996. Suelos cultivados de la república mexicana. Contenido medio de nutrimentos minerales aprovechables. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Ortega, T.E. 1967. Boletín de Guanos y Fertilizantes de México, S.A. Publicación Trimestral. No. 51. México, D.F.
- Ortega, T.E. 1978. Química de suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Ortega, R.M.M. 1986. Evaluación de métodos químicos para predecir el requerimiento de fertilizante fosfatado del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en un suelo calcáreo con y sin perlita. Tesis de Maestría – Suelos. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Ortiz, R.C. 1983. La Papa, su producción y comercialización. Revista Técnica. Vol. 1. México, D.F.
- Ortiz, O.M. 1992. La Calidad de las aguas de riego. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Ortiz, V.B. y C. Ortiz A. 1990. Edafología. Universidad Autónoma Chapingo. 7ª edición. Chapingo, México.
- Parsons, D.B., R. Mondoñedo J, K. Salinas F, M. A. Díaz T y .M. Figueroa J. 1987. Papas (manual para la educación agropecuaria). Editorial Trillas, S.A. de C.V., México, D.F., sexta reimpresión.
- Pelletier, E.P. 1966. El Análisis de las plantas como base para la fertilización de las cosechas. Guanos y Fertilizantes de México. Boletín No. 49. México, D.F.
- Peña, C.E. 1997. Notas del curso de análisis químico de suelo y planta. UAAAN – Postgrado. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Pérez, G.M., M. Sánchez F y P. Lomelí A. 1997. Mejoramiento genético de hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. 1ª edición en español. Chapingo, México.

- Pizarro, W.J. 1975. Drenaje agrícola y Recuperación de suelos salinos. Editora agrícola española, S.A. Madrid, España.
- Potash and Phosphate Institute. 1988. Manual de Fertilidad de los Suelos. 1ª edición en español. Querétaro, México.
- Potash and Phosphate Institute. 1993. Diagnóstico del estado nutrimental de los cultivos. 1ª edición. Quito, Ecuador.
- Ramis, V.M. 1991. Abonos y estiércoles. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza, España.
- Requejo, L.R. 1996. Notas del curso de Fertilidad de Suelos. UAAAN – Postgrado. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Reuter, D.J. and B. Robinson J. 1986. Plant analysis an interpretation manual. Inkata Press. Melbourne, Sydney, Australia.
- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Handbook 60. USDA. USA.
- Roberts, R., T. Longbrake, S. Cotner, J. Parsons, and P. Thompson. 1975. Keys to profitable potato production. Texas agricultural extension service. The Texas A & M University System. USA.
- Rodríguez, S.F. 1982^a. Fertilizantes Nutrición vegetal. AGT Editor, S.A. 1ª edición. México, D.F.
- Rodríguez, S.F. 1982^b. Riego por Goteo. AGT Editor, S.A. 1ª edición. México, D.F.
- Rodríguez, S.F. 1996. Fertilizantes Nutrición vegetal. AGT Editor, S.A. 3ª reimpresión. México, D.F.
- Rojas, G.M. 1993. Fisiología Vegetal. Nueva editorial interamericana, S.A. de C.V. 4ª edición. México, D.F.
- Rojas, P.L. y L.E. Ramírez, R. 1998. Uso y Manejo del agua. UAAAN. Departamento de Riego y Drenaje. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- SARH. 1980^a. Agenda Técnica Agrícola de Nuevo León. México, D.F.
- SARH. 1980^b. Agenda Técnica Agrícola de Coahuila. México, D.F.
- SARH. 1980^c. Monografía del Estado de Coahuila. Saltillo, Coahuila. México.

- Secretaría de Gobernación del Estado de Coahuila. 1988^a. Los municipios de Coahuila. 1^a edición. Saltillo, Coahuila. México.
- Secretaría de Gobernación del Estado de Nuevo León. 1988^b. Los municipios de Nuevo León. 1^a edición. Monterrey, Nuevo León. México.
- Sifuentes, I.E. 1995. Ácidos húmicos y elementos menores en la nutrición del cultivo de papa (*Solánium tuberosum L.*). Tesis de Maestría – Suelos. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Smith, R.F. 1962. Mineral analysis of plant tissues. Anual. Rev. of Plant Physiology.
- Soto, G.L.F. 1997. Evaluación de variedades de papa (*Solánium tuberosum L.*) con criterios morfológicos, fisiológicos y de rendimiento. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Spaargaren, C.O. 1994. World reference base for soil resources. Land and water development division. FAO, Rome, Italy.
- SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto). 1981. Geográfica de Nuevo León. Coordinación General de los Servicios de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F.
- SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto). 1983. Geográfica de Coahuila. Coordinación General de los Servicios de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F.
- Sumner, M.E. 1979. Interpretation of foliar analysis for diagnosis purposes. Agronomy Journal. No. 71. USA.
- Sumner, M.E. and G. Boswell F. 1981. Alleviating nutrient stress. In: Arkin, G.I. and H.M. Taylor (ed). Modifying the root environment to reduce crop stress. Soil Sci. Soc. Amer. inc. Madison. Wisconsin, USA.
- Sumner, M.E. 1982. Preliminary N P K foliar diagnosis norms for wheat. commun. In soil sci. plant analysis. 8(2). USA.
- Sumner, M.E. 1986. The diagnosis and recomendation integrated system (DRIS) as guide to orchard fertilization. Food and Fertilizer Technology Center. Extension Bull. No. 231.
- Talavera, R. 1983. Factores que afectan el rendimiento de un cultivo de papa. Revista Técnica. Vol. 1. México, D.F.
- Tamahane, V.R., D. Motiramani, P. y M. Bali, P. 1983. Suelos: su química y Fertilidad en zonas tropicales. Editorial Diana. México, D.F.

- Thompson, M.L. 1966. El suelo y su Fertilidad. Editorial Reverte, S.A. 3ª edición. Zaragoza, España.
- Thompson, M.L. y F. Troeh, R. 1980. Los Suelos y su Fertilidad. Editorial Reverte, S.A. 4ª edición. Barcelona, España.
- Tisdale, S.L. y L. Nelson W. 1973. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Editorial Montaner y Simon, S.A. Barcelona, España.
- UAAAN (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro). 1983. Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata a la UAAAN. Departamento de Agrometeorología. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- UAAAN. 1997. Boletín agrometeorológico de Coahuila. Vol. 60-65. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Valadez, L.A. 1992. Producción de hortalizas. Editorial Limusa, S.A. México, D.F.
- Valadez, L.A. 1994. Producción de hortalizas. Editorial UTEHA. México, D.F.
- Velasco, M.H.A. 1960. Elementos de Fertilidad del suelo. Escuela Superior de Agricultura Antonio Narro. Ediciones Universidad de Coahuila. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Velasco, M.H.A. 1991. Uso y Manejo del suelo. Editorial Limusa. 3ª reimpresión. México, D.F.
- Westermann, T.D., A. Tindall T, W. James D and L. Hurst R. 1994. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes yield and specific gravity. American Potato Journal. Vol. 71. No. 7. USA.
- William, G.B. 1991. Manual de laboratorio para Manejo físico de suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Worthen, L.E. 1949. Suelos agrícolas su conservación y fertilización. Editorial UTEHA. México, D.F.
- Zuñiga, E.M.R. 1993. Diagnóstico nutrimental del guayabo (*Psidium guajava L.*) mediante el enfoque DRIS en la región Calvillo – Cañon de Juchipila. Tesis de Maestría – Suelos. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.

VIII. APÉNDICE

A.1. Notación y nomenclatura

N	Nitrógeno	Low	Bajo
P ₂ O ₅	Pentóxido de fósforo	Sufficient	Suficiente
K ₂ O	Óxido de potasio	High	Alto
CaO	Óxido de calcio	Deficient	Deficiente
MgO	Óxido de magnesio	Adequate	Adecuado
N	Nitrógeno	Toxic	Tóxico
P	Fósforo	M.S.	Materia seca
K	Potasio	RDTO.	Rendimiento
Ca	Calcio	t ha ⁻¹	toneladas por hectárea
Mg	Magnesio	kg ha ⁻¹	kilogramos por hectárea
Fe	Fierro	t	tonelada
Mn	Manganeso	ha	hectárea
Cu	Cobre	meq 100g ⁻¹	miliequivalentes por cien gramos
Zn	Zinc	g cm ³	gramos por centímetro cúbico
B	Boro	meq L ⁻¹	miliequivalentes por litro
CaCO ₃	Carbonato de calcio	cmoles kg ⁻¹	centimoles por kilogramo
pH	Reacción del suelo	dS m ⁻¹	descisimens por metro
NO ₃ ⁻¹	Nitrato	et. al.	y colaboradores
NH ₄ ⁺¹	Amonio	°C	grado centigrado
H ₂ PO ₄	Fosfato diácido	E.T.	Evapotranspiración
HPO ₄	Fosfato	mmho cm ⁻¹	milimhos por centímetro
HCO ₃ ⁻¹	Bicarbonato	m	metro
SO ₄ ⁻²	Sulfato	cm	centímetro
CO ₃ ⁻²	Carbonato	mm	milímetro
CaPO ₄	Fosfato de calcio	DDS	Días después de la siembra
M.O.	Materia orgánica	msnm	Metros sobre el nivel del mar
C.I.C.	Capacidad de intercambio catiónico	S.P.P.	Secretaría de Programación y Presupuesto
C.E.s.	Conductividad eléctrica del suelo	SARH	Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos
N total	Nitrógeno total del suelo	INEGI	Instituto Nal. de Estadística, Geografía e Informática
P aprov.	Fósforo aprovechable del suelo	DRIS	Sistema de diagnóstico y recomendación integral
K interc.	Potasio intercambiable del suelo	I.D.	índice DRIS
Na ⁺¹	Sodio	I.D.N.	índice de desbalance nutricional
RAS	Relación de adsorción de sodio	O.R.N.	orden de requerimiento nutrimental
%	Por ciento	"r"	coeficiente de determinación
ppm	Partes por millón	*	significativo
I.D.N.	índice DRIS Nitrógeno	**	altamente significativo
I.D.P.	índice DRIS Fósforo	NS	no significativo
I.D.K.	índice DRIS Potasio	D.a.	Densidad aparente
I.D.Ca.	índice DRIS Calcio	Cl ⁻¹	Cloruros
I.D.Mg.	índice DRIS Magnesio	TM (°C)	Temperatura media en grado centígrado
I.D.Fe.	índice DRIS Fierro	A _B	Abundante
I.D.Mn.	índice DRIS Manganeso	M _O	Moderado
I.D.Cu.	índice DRIS Cobre	P _O	Pocas
I.D.Zn.	índice DRIS Zinc	E	Escasas
I.D.B.	índice DRIS Boro	M _E	Medianamente escasas

A.2. Datos de temperaturas medias (°C), obtenidas de tres estaciones durante 1997, en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León. 1998.

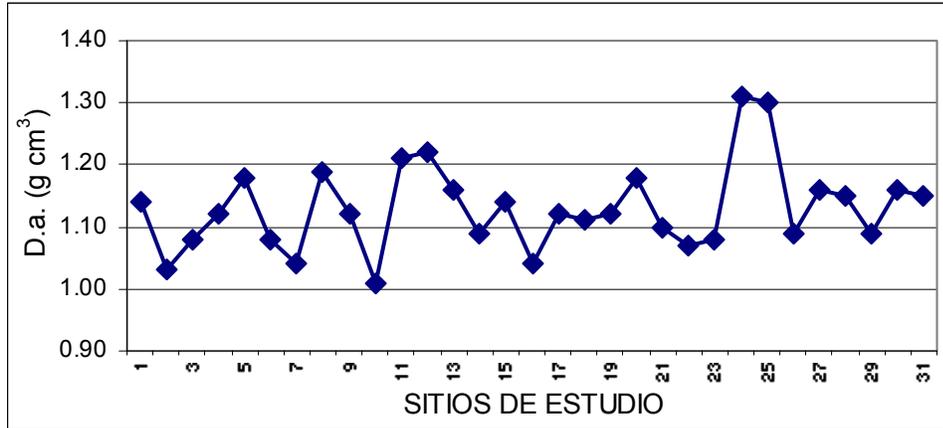
ESTACION: JAME, COAHUILA.												
MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
T (°C)	7,25	9,71	11,42	11,65	13,63	15,13	14,66	15,37	14,52	11,81	10,70	6,83
T _{Ma} (°C)	11,89											
T _{Mc} (°C)	13,82											
ESTACION: SAN FRANCISCO, COAHUILA.												
MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
T (°C)	6,30	11,26	11,97	10,31	15,27	17,63	15,00	17,39	18,15	10,56	11,50	7,95
T _{Ma} (°C)	12,77											
T _{Mc} (°C)	14,90											
ESTACION: NAVIDAD, NUEVO LEON.												
MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
T (°C)	7,90	11,85	11,34	12,10	18,35	18,80	18,85	19,81	16,88	14,56	14,65	7,79
T _{Ma} (°C)	14,41											
T _{Mc} (°C)	17,05											

A.3. Contenidos de nitrógeno total, fósforo aprovechable y potasio intercambiable expresados en kg ha⁻¹, para cada uno de los sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León. 1998.

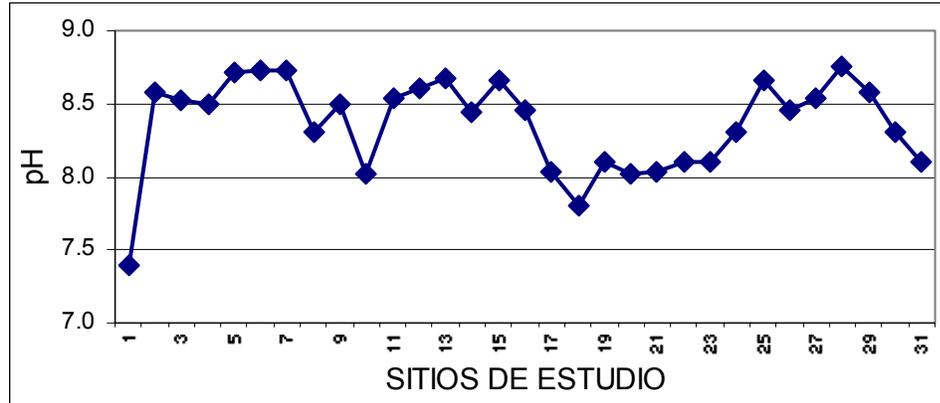
SITIO DE ESTUDIO	Nitrógeno total		Fósforo aprov.		Potasio interc.
	kg ha ⁻¹		kg ha ⁻¹		kg ha ⁻¹
1		305,42		217,94	1126,06
2		232,57		168,78	1280,44
3		189,89		230,23	1300,97
4		142,25		290,90	1279,00
5		157,70		284,96	1279,29
6		171,77		263,78	1233,22
7		327,00		138,97	1052,34
8		305,88		199,25	1175,45
9		252,89		290,90	1494,86
10		248,16		217,16	1508,64
11		283,88		292,21	1504,21
12		183,85		229,99	1393,19
13		184,50		167,76	1592,96
14		183,34		221,37	1544,10
15		257,40		261,82	1592,96
16		223,77		238,86	1162,58
17		352,15		193,69	1322,17
18		186,70		210,27	1256,88
19		249,89		180,45	1322,17
20		218,82		225,87	1165,57
21		345,87		159,08	1192,55
22		197,77		194,85	1154,87
23		243,86		164,11	1529,94
24		111,18		207,46	1641,15
25		348,29		256,87	1396,85
26		212,89		201,49	1391,79
27		225,84		219,75	1537,07
28		153,69		301,85	1451,78
29		173,98		228,36	1339,27
30		237,57		168,82	1212,89
31		235,52		279,82	1451,78
MEDIA		230,46		222,83	1351,19

A.4. Rendimiento de tubérculos y Producción de materia seca por cultivar para cada uno de los sitios de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León. 1998.

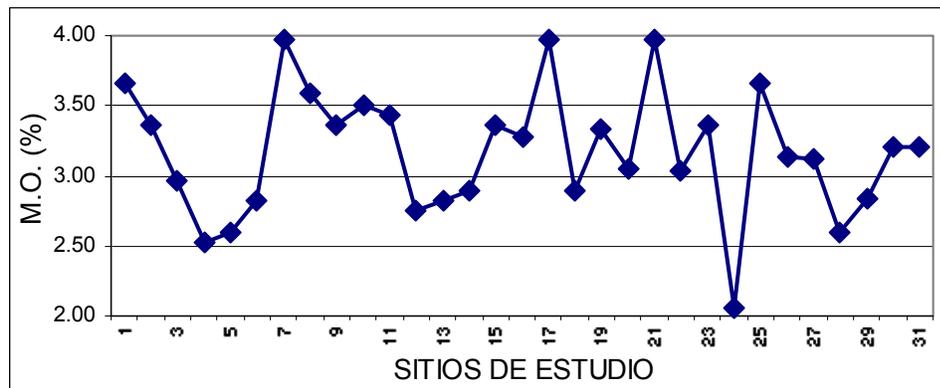
SITIO DE ESTUDIO	CULTIVAR	RDTO. t ha ⁻¹	M.S. kg ha ⁻¹
2	Alpha	15	3332
4	Alpha	45	3690
5	Alpha	48	4255
8	Alpha	39	5608
10	Alpha	34	6851
12	Alpha	42	5578
17	Alpha	40	5557
18	Alpha	35	4478
19	Alpha	34	4742
20	Alpha	50	7367
24	Alpha	22	4312
27	Alpha	30	3922
29	Alpha	32	4815
30	Alpha	22	4067
	MEDIA	34,86	4898,14
3	Gigant	58	3110
7	Gigant	46	6280
11	Gigant	44	7750
13	Gigant	42	5228
14	Gigant	54	2872
15	Gigant	32	4150
31	Gigant	40	3933
	MEDIA	45,14	4760,43
6	Atlantic	38	4430
9	Atlantic	45	4650
21	Atlantic	34	2928
22	Atlantic	36	5047
23	Atlantic	25	3780
28	Atlantic	33	5432
	MEDIA	35,17	4377,83
16	Mondial	44	5492
25	Mondial	42	5767
26	Mondial	35	4715
	MEDIA	40,33	5324,67
1	Agria	31	4072



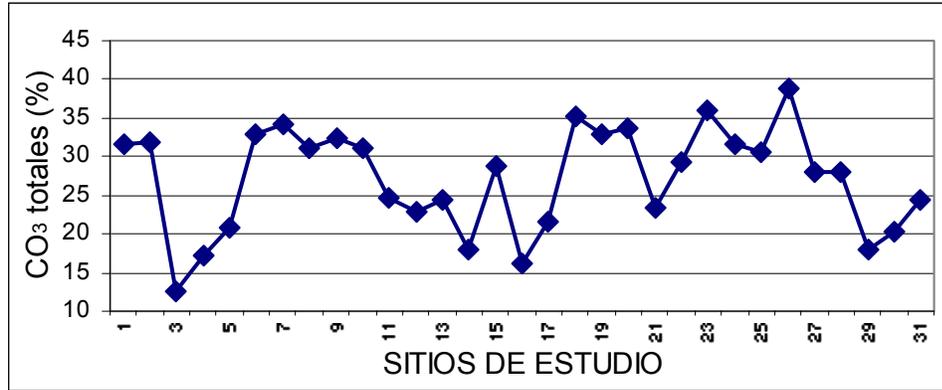
A.6. Densidad aparente (D.a.) en los suelos del área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.



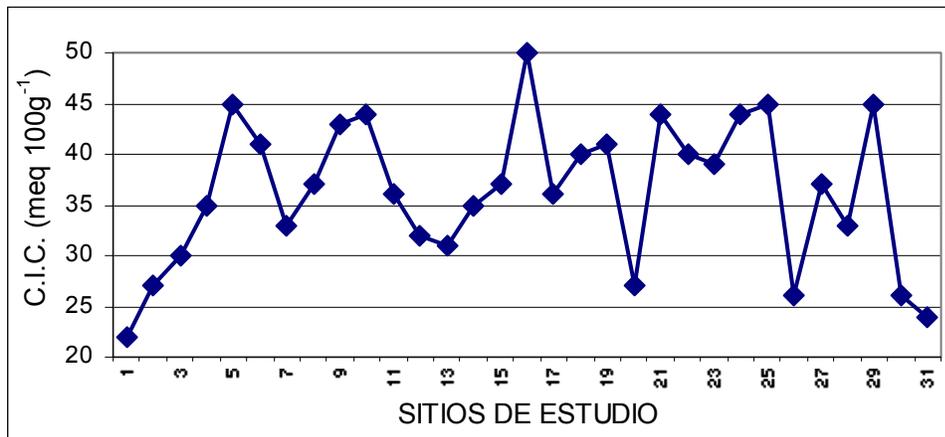
A.7. Reacción del suelo (pH) en los suelos del área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.



A.8. Materia orgánica (M.O.) en los suelos del área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.



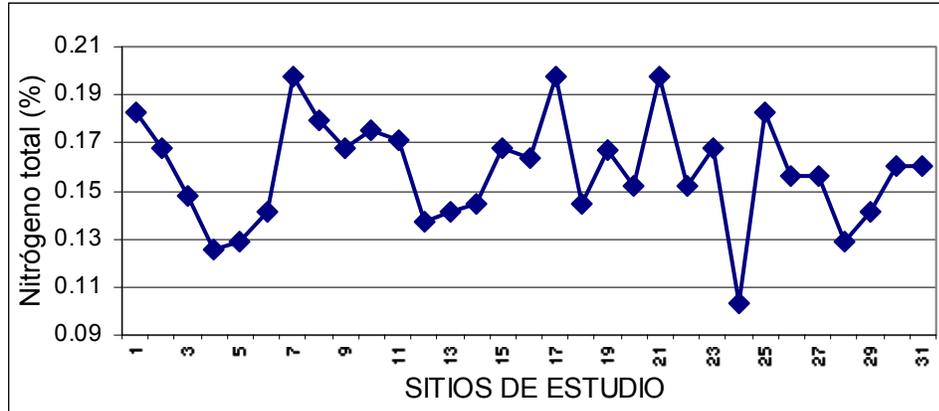
A.9. Carbonatos totales (CO₃ t) en los suelos del área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.



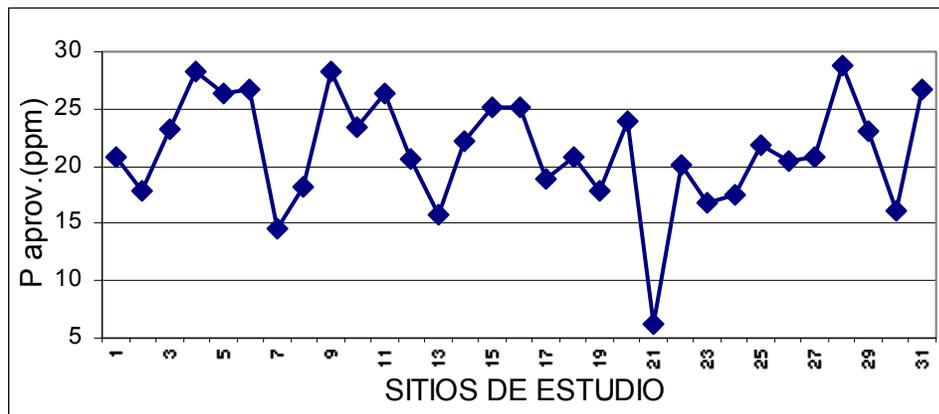
A.10. Capacidad de intercambio catiónico (CIC) en los suelos del área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.



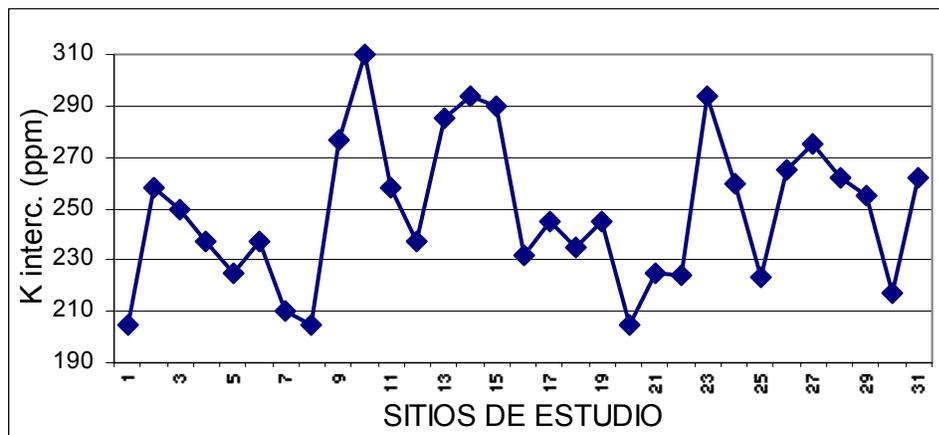
A.11. Conductividad eléctrica (C.E.) en los suelos del área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.



A.12. Nitrógeno total (N t) en los suelos del área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.



A.13. Fósforo aprovechable (P aprov.) en los suelos del área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.



A.14. Potasio intercambiable (K interc.) en los suelos del área de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.1998.