

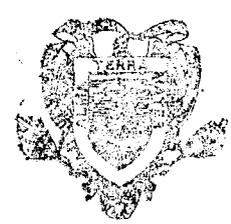
EFFECTO DE FERTILIZANTES LIQUIDOS ACIDOS Y  
 SOLIDOS SOBRE APROVECHAMIENTO DE  
 FOSFORO POR EL CULTIVO DE PAPA  
 (Solanum tuberosum L.) EN SUELOS  
 DE pH ALCALINO

JOSE ANGEL MORALES BELTRAN

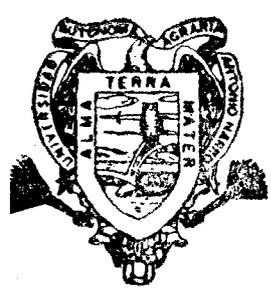
T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
 PARA OBTENER EL GRADO DE  
 MAESTRO EN CIENCIAS  
 EN SUELOS

Universidad Autónoma Agraria  
 ANTONIO NARRO



BIBLIOTEC



Universidad Autónoma Agraria  
 Antonio Narro

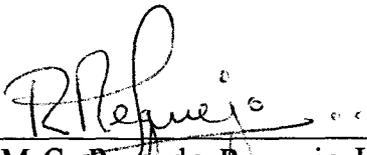
PROGRAMA DE GRADUADOS  
 Buenavista, Saltillo, Coah.  
 MARZO DE 1996

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de

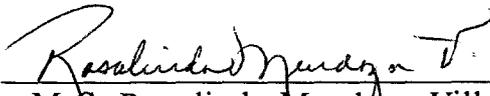
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN SUELOS

COMITE PARTICULAR

Asesor principal

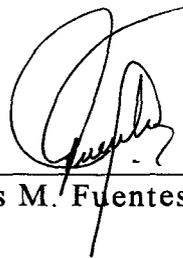
  
M.C. Ricardo Requejo López

Asesor:

  
M.C. Rosalinda Mendoza Villarreal

Asesor:

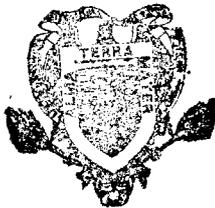
  
M.C. Sergio Javier García Garza



Dr. Jesús M. Fuentes Rodríguez

Subdirector de Postgrado.

Universidad Autónoma Agraria  
ANTONIO NARRO



BIBLIOTECA

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Marzo de 1996

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco:

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias el apoyo para lograr mi objetivo propuesto.

A La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, especialmente a los maestros del Departamento de Suelos por transmitir sus conocimientos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su apoyo económico.

Al M.C. Ricardo Requejo López quien con su valiosa ayuda en asesorar y dirigir este trabajo hizo posible su culminación.

A la M.C. Rosalinda Mendoza Villarreal por su asesoramiento y por las facilidades prestadas en el laboratorio para la realización de este estudio.

Al M.C. Sergio Javier García Garza por su asesoramiento y oportuna participación.

A los Ingenieros José Heberto Lerma Estrada, Juan Manuel Originales Urzúa y Antonio Agustín Ricaño, por su ayuda.

A la Q.F.B. Idalia Hernández Torres, L.C.Q. Hilda Cecilia Burciaga Dávila, L.C.Q. María del Socorro Bahena García, T.L.Q. María de Jesús Sánchez por su apoyo en los trabajos de laboratorio.

Al M.C. Juan Antonio Morales Hernández por su ayuda con el paquete estadístico SAS.

## DEDICATORIA

A mi esposa

Imelda Mata Ibarra

A mis hijos

Imelda Aracely

Angel Edgardo

Marisol

A mis padres

Gumecindo Morales Celestino

Antonia Beltrán Jinés

A mis hermanos

Miguel

María Isabel

Estanislao

Ausencio.

## COMPENDIO

Efecto de Fertilizantes Líquidos Ácidos y Sólidos Sobre Aprovechamiento de Fósforo por el Cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en Suelos de pH Alcalino.

POR

JOSE ANGEL MORALES BELTRAN

MAESTRIA EN CIENCIAS

SUELOS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MARZO 1996

M.C. Ricardo Requejo López      -Asesor-

Palabras clave: Fertilizantes ácidos, fósforo, análisis foliar, *Solanum tuberosum*,

Incubación de suelo.

El estudio se realizó en 1994 durante el ciclo agrícola Primavera-Verano en los Campos Experimentales "Sierra de Arteaga" (INIFAP) y "Navidad" (UAAAN). En el cultivo de papa variedad Alpha se aplicó la dosis 200-450-200 con fertilizantes líquidos ácidos y sólidos y en tres formas de fraccionar la dosis total más un tratamiento testigo. El

diseño experimental fue bloques al azar con seis repeticiones. Se controlaron riegos, malezas, plagas y enfermedades. En las dos localidades, en la etapa de floración, no hubo diferencias significativas entre tratamientos para fósforo asimilable, pH del suelo y carbonatos totales; en esa misma etapa de desarrollo del cultivo, el nivel de fósforo en folíolos fue bajo en el testigo y dos tratamientos con fertilizantes ácidos en la localidad Sierra de Arteaga; en Navidad, todos los tratamientos se ubicaron en el nivel suficiente. En la etapa final del cultivo, el nivel de fósforo en hojas tallos y tubérculos, en las dos localidades, en general, fue muy inferior al nivel de suficiencia, por lo anterior, la eficiencia de absorción de fósforo fue negativa. El análisis conjunto indica que no hay interacción de tratamientos por localidades, los contrastes ortogonales indican que no hay diferencias en rendimiento entre los fertilizantes líquidos ácidos y los sólidos pero sí entre los tratamientos fertilizados y el testigo.

En laboratorio, en 800 gramos de suelo de ambas localidades se aplicó la misma dosis y fuentes de fertilizantes más un testigo, se incubó durante 56 días a 30°C y a capacidad de campo. En los dos casos se presentó un aumento en el fósforo disponible en el tratamiento testigo que se atribuye a las condiciones de incubación. En el suelo de la localidad Sierra de Arteaga, a los tres días de incubación se midió la máxima cantidad de fósforo asimilable, comparado con el testigo, representó el 49.41 por ciento de la cantidad aplicada y correspondió al tratamiento con fertilizantes líquidos ácidos, el menor pH que se midió fue a los 14 días de incubación en el tratamiento con fertilizantes sólidos. En Navidad, a los tres días, se detectó el 52.25 por ciento del fósforo aplicado con fertilizantes sólidos. El menor pH se midió donde hubo aplicación de fertilizantes sólidos.

## ABSTRACT

The effect of fertilizers acid liquids and solids on utilization of phosphorus for the potato crop (*Solanum tuberosum* L.) in soils of alkaline pH.

By

José Angel Morales-Beltrán.

Master of Science

Soils

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Buenavista, Saltillo, Coahuila. March 1996.

M.C. Ricardo Requejo-López      -advisor-

Key words: Acid Fertilizers, phosphorus, foliar analysis, *Solanum tuberosum*, Soil Incubation.

This study was realized on the soils of the "Sierra de Arteaga" Experimental Station and "Navidad" Experimental Station, during the Spring-Summer season in 1994. In the Potato crop cv. Alpha was applied the dosage 200-450-200 using acid liquid and solid fertilizers and three formas of division with the dose, a treatment control was included. The experimental design was randomized blocks with six replicates. They were

controlled watering, weeds, plagues and diseases. In the two locations, in the bloom stage, there were not significant differences between treatments for labile phosphorus, soil pH and total carbonates, in this same stage of development of the crop, at Sierra de Arteaga, the level of phosphorus in petioles was low in two treatments with acid fertilizers and in the control. In Navidad, all treatments were been located in the sufficient level. In the last stage of cultivation, the level of phosphorus in blades, stems and tubers was very inferior to the level of sufficiency, in the two locations. There were not significant differences between treatments in the total yield, in the two locations, the combined analysis indicates that there is no interaction of treatments for locations, the ortogonal contrast indicates that there are not differencess between the fertilizers acid liquid and the solids, the fertilized treatments are superiors to the control.

In laboratory, in 800 grams of soil of both locations were fertilized with the same dose and with the same sources of fertilizers and a control treatment, the soil was incubated during 56 days to 30°C and to capacity of field. In the two cases an increment in the labile phosphorus was presented in the treatment control, that is attributed to the conditions of incubation. In the soil of the location Sierra de Arteaga, at three days of incubation were measured the maximal effect of fertilization of phosphorus, compared with the control, it represented the 49.41 per cent of the quantity applied with fertilizers acid liquids, the minor pH was measured at 14 days with solid fertilizers. In the soil of the location Navidad, at three days were detected the 52.25 like maximun per cent of the phosphorus applied with solid fertilizers, the minor pH was measured in the treatment with solid fertilizers.

## INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS .....	xi
INDICE DE FIGURAS .....	xix
INTRODUCCION .....	1
REVISION DE LITERATURA .....	4
FERTILIZANTES ACIDOS .....	4
ELABORACION .....	4
ASPECTOS BENEFICOS .....	5
VOLATILIZACION DE NITROGENO .....	6
EVALUACION .....	8
EVALUACION EN PAPA .....	11
COMPARACION CON LOS CONVENCIONALES .....	12
ESTUDIOS EN LABORATORIO, INVERNADERO E INCUBACION .....	17
FOSFORO .....	21
ASPECTOS GENERALES .....	21
EN SUELO .....	22
ACUMULACION EN PLANTAS DE PAPA .....	23
MATERIALES Y METODOS .....	33
LOCALIZACION DEL SITIO EXPERIMENTAL .....	33
CARACTERISTICAS DEL ÁREA .....	34
SIERRA DE ARTEAGA .....	34
SUELOS .....	34
TIPO DE CLIMA .....	35
NAVIDAD, N.L .....	35
SUELOS .....	35
TIPO DE CLIMA .....	36
PREPARACION DEL TERRENO .....	38
FERTILIZANTES UTILIZADOS .....	38
TRATAMIENTOS .....	38
SEMILLA .....	39
TRATAMIENTO A LA SEMILLA .....	40
FECHA Y METODO DE SIEMBRA .....	40
PARCELA EXPERIMENTAL .....	41
DISEÑO EXPERIMENTAL .....	41
APLICACION DE LOS FERTILIZANTES .....	42
CONTROL DE MALEZAS .....	42
RIEGOS .....	43
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES .....	43
MUESTREOS DE SUELO .....	43
MUESTREOS DE PLANTA PARA ANALISIS FOLIAR .....	44
COSECHA .....	45
INCUBACION DE SUELO .....	46
VARIABLES ANALIZADAS EN EL TRABAJO DE CAMPO .....	46

VARIABLES ANALIZADAS EN INCUBACION DE SUELO .....	48
ANALISIS ESTADISTICOS .....	49
RESULTADOS Y DISCUSION .....	51
TRABAJO DE CAMPO .....	51
ANALISIS DE SUELOS EN LAS DOS LOCALIDADES .....	51
ALTURA DE PLANTA .....	53
DIAMETRO DE TALLOS .....	54
pH DEL SUELO .....	55
FOSFORO ASIMILABLE .....	57
POR CIENTO DE CARBONATOS TOTALES .....	59
FOSFORO EN PLANTA .....	61
PESO FRESCO DE PLANTAS .....	67
EFICIENCIA DE ABSORCION DE FOSFORO .....	68
RENDIMIENTO .....	70
ANALISIS ECONOMICO .....	73
INCUBACION DE SUELO .....	75
FOSFORO ASIMILABLE .....	76
PH DEL SUELO .....	83
POR CIENTO DE CARBONATOS TOTALES .....	88
POR CIENTO DE MATERIA ORGANICA .....	93
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO .....	98
CONCLUSIONES .....	103
RESUMEN.....	104
LITERATURA CITADA .....	108
APENDICE .....	115

## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
2.1	Contenido de fósforo en los tejidos de papa. ....	31
3.1	Resumen de temperatura, lluvia y evaporación durante el desarrollo del cultivo de papa en la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) Ciclo P-V. 1994. ....	37
3.2	Resumen de temperatura, lluvia y evaporación durante el desarrollo del cultivo de papa en la localidad Navidad. (UAAAN). Ciclo P-V. 1994. ....	37
3.3	Tratamientos en las localidades Navidad (UAAAN) y Sierra de Arteaga. (INIFAP) Ciclo primavera-verano. 1994. ....	39
3.4	Tratamientos en suelo incubado de las dos localidades. 1995. ....	46
4.1	Resultados de los análisis de suelo en el Campo Experimental Sierra de Arteaga. (INIFAP).....	51
4.2	Resultados de los análisis de suelo en el Campo Experimental Navidad. (UAAAN).....	52
4.3	Medias por tratamientos de altura de planta en la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) Ciclo P-V. 1994. ....	53
4.4	Medias por tratamientos de diámetro de tallos en la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) Ciclo P-V. 1994. ....	54
4.5	Medias por tratamientos de pH del suelo a 65 días después de siembra en la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) Ciclo P-V. 1994. ....	55
4.6	Medias por tratamientos de pH del suelo a los 71 días después de siembra en la localidad Navidad. (UAAAN) Ciclo P-V. 1994. ....	56
4.7	Prueba de medias del análisis conjunto de pH del suelo. ....	57
4.8	Prueba de medias de fósforo asimilable en kg/ha a los 65 días días después de siembra en la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) Ciclo P-V. 1994. ....	58

4.9	Medias por tratamientos de fósforo asimilable en kg/ha a 71 días después de siembra en la localidad Navidad. (UAAAN) Ciclo P-V. 1994. ....	59
4.10	Medias por tratamientos de por ciento de carbonatos totales a los 65 días después de siembra en la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) Ciclo P-V. 1994. ....	60
4.11	Medias por tratamientos de por ciento de carbonatos totales a los 71 días después de siembra en la localidad Navidad. (UAAAN) Ciclo P-V. 1994. ....	61
4.12	Prueba de medias de por ciento de fósforo en folíolos a los 62 días después de siembra en la localidad Arteaga. (INIFAP) Ciclo P-V. 1994. ....	62
4.13	Prueba de medias de por ciento de fósforo en folíolos a los 62 días después de siembra en la localidad Navidad. (UAAAN) Ciclo P-V. 1994. ....	62
4.14	Prueba de medias de por ciento de fósforo en hojas a los 120 días después de siembra en la localidad Arteaga. (INIFAP) Ciclo P-V. 1994. ....	63
4.15	Prueba de medias de por ciento de fósforo en tallos a los 120 días después de siembra en la localidad Arteaga. (INIFAP) Ciclo P-V. 1994. ....	64
4.16	Prueba de medias de por ciento de fósforo en tubérculos a los 120 días después de siembra en la localidad Arteaga. (INIFAP) Ciclo P-V. 1994. ....	65
4.17	Medias por tratamientos de por ciento de fósforo en hojas a los 120 días después de siembra en la localidad Navidad. (UAAAN) Ciclo P-V. 1994. ....	65
4.18	Medias por tratamientos de por ciento de fósforo en tallos a los 120 días después de siembra en la localidad Navidad. (UAAAN) Ciclo P-V. 1994. ....	67
4.19	Medias por tratamientos de por ciento de fósforo en tubérculos a los 120 días después de siembra en la localidad Navidad. (UAAAN) Ciclo P-V. 1994. ....	67

4.20	Prueba de medias de peso fresco de plantas en kg/parcela útil a los 120 días después de siembra en la localidad Arteaga. (INIFAP) Ciclo P-V. 1994. ....	68
4.21	Medias ajustadas por covarianza por tratamiento de rendimiento total en kg/parcela útil en la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) Ciclo P-V. 1994. ....	70
4.22	Medias ajustadas por covarianza por tratamiento de rendimiento total en kg/parcela útil en la localidad Navidad. (UAAAN) Ciclo P-V. 1994. ....	71
4.23	Medias ajustadas por covariable de rendimiento total en kg/parcela útil en el análisis conjunto. Ciclo P-V. 1994. ....	72
4.24	Medias de porcentajes por categorías en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP) .....	73
4.25	Medias de porcentajes de tubérculos por categorías en la localidad Navidad. (UAAAN).....	73
4.26	Análisis económico de la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) Ciclo P-V.1994. ....	74
4.27	Análisis económico de la localidad Navidad. (UAAAN) Ciclo P-V. 1994. ....	75
4.28	Valores de las determinaciones antes de iniciar la incubación de suelo de las dos localidades. ....	76
4.29	Resumen de medias de tratamientos en cada determinación durante el periodo de incubación de suelo de ambas localidades. ....	76
4.30	Prueba de medias de tratamientos de ppm de fósforo asimilable en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	77
4.31	Prueba de medias de muestreos de ppm de fósforo asimilable en el suelo incubado de la localidad Sierra Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	77
4.32	Media en ppm de fósforo asimilable por tratamientos y diferencias con el testigo en seis muestreos en suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	78

4.33	Prueba de medias de ppm de fósforo aprovechable en el suelo incubado de la localidad Navidad. (UAAAN) 1995. ....	80
4.34	Prueba de medias para muestreos, ppm de fósforo aprovechable en el suelo incubado de la localidad Navidad. (UAAAN) 1995. ....	80
4.35	Media en ppm de fósforo asimilable por tratamientos y diferencias con el testigo en seis muestreos en suelo incubado de la localidad Navidad. (UAAAN) 1995. ....	81
4.36	Prueba de medias de pH del suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	83
4.37	Prueba de medias para muestreos, pH del suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	84
4.38	Media de pH por tratamientos y diferencias con el testigo en cada muestreo en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	84
4.39	Prueba de medias de pH del suelo incubado de la localidad Navidad. (UAAAN) 1995. ....	86
4.40	Prueba de medias para muestreos, pH del suelo incubado de la localidad Navidad. (UAAAN) 1995. ....	86
4.41	Media de pH por tratamientos y diferencias con el testigo en cada muestreo en el suelo incubado de la localidad Navidad. (UAAAN) 1995. ....	87
4.42	Prueba de medias de por ciento de carbonatos totales en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	89
4.43	Prueba de medias para muestreos, por ciento de carbonatos totales en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	89
4.44	Media de por ciento de carbonatos por tratamientos en cada muestreo en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	90
4.45	Prueba de medias de por ciento de carbonatos totales en el suelo incubado de la localidad Navidad. (UAAAN) 1995. ....	91
4.46	Prueba de medias para muestreos, por ciento de carbonatos totales en el suelo incubado de la localidad Navidad. (UAAAN) 1995. ....	91

4.47	Media de por ciento de carbonatos por tratamientos en cada muestreo en el suelo incubado de la localidad Navidad. (UAAAN) 1995. ....	92
4.48	Prueba de medias de por ciento de materia orgánica en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	93
4.49	Prueba de medias para muestreos, por ciento de materia orgánica en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	94
4.50	Media de por ciento de materia orgánica por tratamientos en cada muestreo en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	94
4.51	Prueba de medias de por ciento de materia orgánica en el suelo incubado de la localidad Navidad. (UAAAN) 1995. ....	96
4.52	Prueba de medias para muestreos, por ciento de materia orgánica en el suelo incubado de la localidad Navidad. (UAAAN) 1995. ....	96
4.53	Media de por ciento de materia orgánica por tratamientos en cada muestreo en el suelo incubado de la localidad Navidad. (UAAAN) 1995. ....	97
4.54	Prueba de medias de C.I.C. en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	98
4.55	Prueba de medias para muestreos, C.I.C. en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	98
4.56	Media de C.I.C. por tratamientos en cada muestreo en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	99
4.57	Prueba de medias de C.I.C. en el suelo incubado de la localidad Navidad (UAAAN) 1995. ....	100
4.58	Prueba de medias para muestreos, C.I.C. en el suelo incubado de la localidad Navidad. (UAAAN) 1995. ....	100
4.59	Media de C.I.C. por tratamientos en cada muestreo en el suelo incubado de la localidad Navidad. (UAAAN) 1995. ....	101
A.1	Análisis de Varianza de altura de plantas en cm en la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) Ciclo P-V. 1994. ....	116

Análisis de varianza de diámetro de tallos en la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) Ciclo P-V 1994. ....	116
Análisis de Varianza del pH del suelo a los 65 días después de siembra en la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) Ciclo P-V. 1994. ....	116
Análisis de Varianza del pH del suelo a los 71 días después de siembra en la localidad Navidad. (UAAAN) Ciclo P-V. 1994. ....	117
Análisis de varianza conjunto de pH del suelo. ....	117
Análisis de Varianza de fósforo asimilable en kg/ha a los 65 días después de siembra en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V 1995 .....	117
Análisis de Barinas de fósforo asimilable en kg/ha a los 71 días después de siembra en la localidad Navidad. (UAAAN) Ciclo P-V 1994. ....	118
Análisis de Varianza de por ciento de carbonatos totales a los 65 días después de siembra en la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) Ciclo P-V 1994.....	118
Análisis de Varianza de por ciento de carbonatos totales a los 71 días después de siembra en la localidad Navidad. (UAAAN) Ciclo P-V 1994. ....	118
Análisis de varianza de por ciento de fósforo en folíolos a los 62 días en la localidad Arteaga. (INIFAP) Ciclo P-V. 1994.....	119
Análisis de varianza de por ciento de fósforo en folíolos a los 62 días en la localidad Navidad. (UAAAN) Ciclo P-V. 1994. ....	119
Análisis de varianza de por ciento de fósforo en hojas a los 120 días en la localidad Arteaga. (INIFAP) Ciclo P-V. 1994. ....	119
Análisis de varianza de por ciento de fósforo en tallos a los 120 días en la localidad Arteaga. (INIFAP) Ciclo P-V. 1994. ....	120
Análisis de varianza de por ciento de fósforo en tubérculos a los 120 días en la localidad Arteaga. (INIFAP) Ciclo P-V. 1994. ....	120
Análisis de varianza de por ciento de fósforo en hojas a los 120 días en la localidad Navidad. (UAAAN) Ciclo P-V. 1994. ....	120

A.16	Análisis de varianza de por ciento de fósforo en tallos a los 120 días en la localidad Navidad. (UAAAN) Ciclo P-V. 1994. ....	121
A.17	Análisis de varianza de por ciento de fósforo en tubérculos a los 120 días en la localidad Navidad. (UAAAN) Ciclo P-V. 1994. ....	121
A.18	Análisis de varianza de peso fresco de plantas a los 120 días en la localidad Arteaga. (INIFAP) Ciclo P-V. 1994. ....	121
A.19	Análisis de Varianza de Rendimiento total de tubérculos en kg/parcela útil en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V 1994.....	122
A.20	Análisis de Varianza de Rendimiento total de tubérculos en kg/parcela útil en la localidad Navidad. (UAAAN) Ciclo P-V. 1994. ....	122
A.21	Análisis de Varianza Conjunto de rendimiento total de tubérculos en kg/parcela útil de las localidades Sierra de Arteaga (INIFAP) y Navidad. (UAAAN) Ciclo P-V. 1994. ....	122
A.22	Producción de tubérculos por categoría en kg/parcela útil en la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) .....	123
A.23	Producción de tubérculos por categoría en kg/parcela útil en la localidad Navidad. (UAAAN).....	124
A.24	Análisis de Varianza de ppm de fósforo asimilable en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	125
A.25	Análisis de Varianza de ppm de fósforo asimilable en el suelo incubado de la localidad Navidad. (UAAAN) 1995. ....	125
A.26	Partición de la suma de cuadrados para estudiar la interacción tratamientos por días de incubación. Fósforo. Navidad. (UAAAN) 1995. ....	125
A.27	Análisis de Varianza de pH del suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	126
A.28	Análisis de Varianza del pH en el suelo incubado de la localidad Navidad. (UAAAN).....	126
A.29	Partición de la suma de cuadrados para estudiar la interacción tratamientos por días de incubación. pH Navidad. (UAAAN) 1995. ....	126

A.30	Análisis de Varianza de por ciento de carbonatos totales en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	127
A.31	Análisis de Varianza de por ciento de carbonatos totales en el suelo incubado de la localidad Navidad. (UAAAN) 1995. ....	127
A.32	Análisis de Varianza de por ciento de materia orgánica en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	127
A.33	Partición de la suma de cuadrados para estudiar la interacción tratamientos por días de incubación. M.O. Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	128
A.34	Análisis de Varianza por ciento de materia orgánica en el suelo incubado de la localidad Navidad. (UAAAN) 1995. ....	128
A.35	Partición de la suma de cuadrados para estudiar la interacción tratamientos por días de incubación M.O. Navidad. (UAAAN) 1995. ....	128
A.36	Análisis de Varianza de C.I.C. en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	129
A.37	Partición de la suma de cuadrados para estudiar la interacción tratamientos por días de incubación C.I.C. Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	129
A.38	Análisis de Varianza de C.I.C. en el suelo incubado de la localidad Navidad. (UAAAN) 1995. ....	129
A.39	Partición de la suma de cuadrados para estudiar la interacción tratamientos por días de incubación C.I.C. Navidad. (UAAAN) 1995. ....	130

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
4.1	Fósforo Aprovechable de tres tratamientos en seis muestreos en suelo incubado a 30° C. Localidad Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	79
4.2	Fósforo Aprovechable de tres tratamientos en seis muestreos en suelo incubado a 30° C. Localidad Navidad. (UAAAN) 1995. ....	82
4.3	pH de tres tratamientos en seis muestreos en suelo incubado a 30° C. Localidad Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	85
4.4	pH de tres tratamientos en seis muestreos en suelo incubado a 30° C. Localidad Navidad. (UAAAN) 1995. ....	88
4.5	Por ciento de carbonatos de tres tratamientos en seis muestreos en suelo incubado a 30° C. Localidad Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	90
4.6	Por ciento de carbonatos de tres tratamientos en seis muestreos en suelo incubado a 30° C. Localidad Navidad. (UAAAN) 1995. ....	92
4.7	Por ciento de M.O. de tres tratamientos en seis muestreos en suelo incubado a 30° C. Localidad Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	95
4.8	Por ciento de M.O. de tres tratamientos en seis muestreos en suelo incubado a 30° C. Localidad Navidad. (UAAAN) 1995. ....	97
4.9	C.I.C. de tres tratamientos en seis muestreos en suelo incubado a 30° C. Localidad Arteaga. (INIFAP) 1995. ....	99
4.10	C.I.C. de tres tratamientos en seis muestreos en suelo incubado a 30° C. Localidad Navidad. (UAAAN) 1995. ....	102

## I. INTRODUCCION

En las áreas dedicadas a la producción agrícola en México, es frecuente encontrar que las condiciones de suelo que requieren los cultivos no son las óptimas para su desarrollo, sin embargo, a base de realizar grandes esfuerzos se logran obtener rendimientos que hacen posible continuar con la actividad agrícola propia de cada región.

En el área de influencia de la UAAAN se encuentran suelos que tienen limitaciones en cuanto a erosión, son poco profundos, de texturas pesadas, pH elevado, alto contenido de carbonatos y fijación de fósforo. Cuando los fosfatos solubles son aplicados al suelo, son cambiados a formas menos solubles. Este fenómeno de fijación de fósforo opera por dos mecanismos: precipitación y adsorción. En suelos calcáreos se presenta la baja disponibilidad de fosfatos ya que el carbonato de calcio acarrea la inmovilización del fósforo aplicado como fertilizante, así que el suelo compite con la planta por el ion fosfato causando una disminución en el rendimiento del cultivo. Para contrarrestar este efecto los productores de papa de la región han incrementado en gran escala las dosis de fósforo aplicadas al cultivo, con las cuales, sin embargo, solo se alcanzan rendimientos medianos (Ortega, 1986).

La importancia mundial del cultivo de papa radica en su valor alimenticio, bajo

en importancia a la soya, la cual ocupa el primer lugar en cuanto al rendimiento de proteínas por hectárea, pero en cuanto a kilos de producción por hectárea la papa proporciona mayor rendimiento que la soya (SEP, 1982).

En la región de Navidad, N.L. y la sierra de Arteaga, Coahuila, la papa es uno de los principales cultivos, se siembra una superficie aproximada de 4,500 hectáreas. Las investigaciones realizadas en fertilización fosfatada indican que la planta responde a la aplicación de 450 kg/ha de este elemento con 200 kg/ha de nitrógeno y 200 kg/ha de potasio. La época de aplicación de fósforo es al momento de la siembra.

Los reportes también indican que en esta región se presenta una baja eficiencia en la aprovechabilidad de fósforo por problemas de fijación, los cultivos utilizan del cinco al treinta por ciento del fósforo aplicado, esto significa que en la superficie dedicada a la siembra de papa se podría tener una pérdida potencial de hasta 1,923,750 unidades de fósforo al año, representando una fuerte pérdida de la inversión económica.

Para el caso de los suelos con pH alcalino en donde uno de los principales problemas es la fijación de fósforo, recientemente se ha iniciado la práctica de aplicar fertilizantes líquidos ácidos con la finalidad de mejorar las condiciones físicas y de fertilidad en el área de raíces de los cultivos.

Esto ha generado la necesidad de planear y realizar estudios tomando como base las características de este tipo de fertilizantes que en teoría son de utilidad en suelos

de pH alcalino, de esta manera es posible generar información que nos permita tener un conocimiento más amplio de los efectos de su aplicación sobre los cultivos y el recurso suelo.

### **OBJETIVOS**

Analizar la dinámica de fósforo en dos suelos con contenidos contrastantes de carbonatos totales aplicando fertilizantes líquidos ácidos.

Medir la eficiencia en la absorción de fósforo por plantas de papa con los productos en estudio.

Realizar un análisis económico de los sistemas de producción de papa en donde se incluyen los fertilizantes ácidos.

### **HIPOTESIS**

El efecto acidificante de los fertilizantes ácidos provoca la liberación de fósforo susceptible de ser aprovechado por la planta.

El mayor fraccionamiento de la dosis de fósforo con respecto al convencional,

## II. REVISION DE LITERATURA

### Fertilizantes ácidos

#### Elaboración

Los fertilizantes ácidos usualmente tienen un pH de 1 a 3. Se forman por la reacción de urea con uno de los ácidos siguientes: nítrico, sulfúrico ó fosfórico, para formar los fertilizantes nitrato de urea, fosfato de urea y sulfato de urea respectivamente. La urea tiene la habilidad de formar aductos o compuestos adicionales con muchos materiales, uno de ellos es el fosfato de urea, en la reacción para su producción, la urea no se descompone, esta simplemente se adhiere a una molécula de ácido fosfórico, el resultado es un producto cristalino que tiene un pH de 1 a 3. Los fertilizantes fluidos producidos con el fosfato de urea también tienen un pH bajo, a menos que sean amoniacados (Achor, 1984).

Urea-ácido sulfúrico es un fertilizante líquido nuevo, es un producto de la reacción de urea, ácido sulfúrico y agua. Dependiendo de los porcentajes de los reactivos, el nitrógeno que contiene puede variar de 10 a 28 por ciento, el azufre de nueve a 18 por ciento. Todos los fertilizantes de urea-ácido sulfúrico tienen un pH menor que uno. Este

tipo de fertilizantes son relativamente nuevos y solamente se ha publicado información limitada sobre los resultados de su uso en campo (Gregory, 1984).

### **Aspectos benéficos**

Los aspectos benéficos de los fertilizantes ácido-base se centran en que reducen los daños en germinación especialmente cuando son aplicados en bandas cerca de la semilla. En términos generales, esta característica parece ser la más apropiada en suelos calcáreos al oeste del Río Missouri. Investigación con aplicaciones al voleo de la mezcla urea-fosfato de urea en pastos indica que hay menos pérdida de amonio por volatilización de las formulaciones ácido-base comparados con urea y fosfato monoamónico. Las investigaciones de fertilidad son inciertas aún sobre los resultados de tales estudios (Achorn, 1985).

El Sulfato de Urea (registrado en México por FERTIMEX como Urea ácida), en Sinaloa y La Laguna, se acreditan sus bondades como mejoradores de suelo, sin duda porque los efectos han sido más espectaculares en la mejoría de las condiciones físicas de los suelos, que sobre las condiciones de fertilidad. Entre los factores benéficos de este tipo de fertilizantes se pueden citar: a) Son efectivas fuentes de nitrógeno, fósforo y/o azufre, b) Disminución sensible de las pérdidas del nitrógeno de la urea por volatilización cuando se hacen aplicaciones superficiales, c) Incremento en la disponibilidad de elementos menores, d) Incremento del fósforo aprovechable nativo o del aplicado en suelos ricos en carbonatos, e) Un efectivo mejorador de las condiciones físicas del suelo,

sobre todo cuando existen capas superficiales endurecidas y f) menos taponamiento de los emisores en los sistemas de riego por goteo (Puente, 1991).

Los fertilizantes ácidos pueden suministrar algunas ventajas cuando son aplicados a suelos calcáreos alcalinos. Entre ellas se encuentra el aumento en la disponibilidad de Fe en zonas localizadas del suelo. Nuevos fertilizantes están disponibles para aplicaciones en banda o colocados en hoyos para transplante de árboles para prevenir la deficiencia de Fe. La inclusión de S elemental en la fórmula del fertilizante puede suministrar una reserva de acidez cuando las condiciones favorecen la oxidación del S. El medio ácido creado por la presencia de ácidos en el fertilizante puede favorecer la oxidación. Se han desarrollado varias docenas de fertilizantes ácidos y algunos de esos materiales se han experimentado para la prevención de la deficiencia de Fe. Los resultados indican la factibilidad de minimizar la deficiencia de Fe en las etapas tempranas de crecimiento de los cultivos (Wallace, 1988).

### **Volatilización de nitrógeno**

Bremner y Douglas (1971) en sus estudios de la descomposición de fosfato de urea ( $\text{NH}_2\text{CO-NH}_2\cdot\text{H}_3\text{PO}_4$ ) en suelos, mostraron que el ácido fosfórico en este compuesto retarda la hidrólisis enzimática de la urea por la ureasa del suelo y reduce la pérdida del N de la urea. Cuando los suelos tratados con urea y fosfato de urea fueron incubados a 20°C por 14 días, el porcentaje de pérdida de N de la urea fue 4.6-61.1 (21.2 por ciento en promedio) para los suelos tratados con urea, pero fue solamente 0.1- 1.1

por ciento (0.7 por ciento en promedio) para los suelos tratados con fosfato de urea. El pH se midió a los 0, 3, 7 y 14 días en los suelos tratados con urea y fosfato de urea, con lo que se esperaba, el ácido fosfórico en el fosfato de urea tuvo un efecto acidificante y redujo el incremento en el pH del suelo como resultado de la hidrólisis de la urea en los suelos.

Urban *et al.* (1987) reportan que evaluaron urea-urea fosfato (UUP, 34-17-0) y una combinación de urea y ácido fosfórico) bajo condiciones de laboratorio y campo, en un suelo ácido. Otras seis fuentes de nitrógeno fueron comparadas en la producción de sorgo con el manejo de cero labranza. De la medición directa de pérdidas de  $\text{NH}_3$  en cámara de crecimiento, se dio como resultado una pequeña pérdida de UUP tanto en suelo cubierto con paja como en el desnudo; mientras que las pérdidas de  $\text{NH}_3$  de la urea variaron de 15 a 32 por ciento de el nitrógeno aplicado en un suelo desnudo y 68 a 80 por ciento en un suelo cubierto con paja. La medición directa en el campo de pérdida de  $\text{NH}_3$  de urea, UUP y nitrato de amonio aplicando 200 kg N/ha fueron 19, 5 y 2 por ciento del nitrógeno aplicado, respectivamente. UUP produjo rendimientos de grano y contenido de N en el grano similares a los de nitrato de calcio. UUP es una efectiva fuente de nitrógeno para aplicaciones superficiales en suelos no calcáreos con el manejo de labranza de cero.

Mikkelsen y Bock (1988) en sus mediciones directas de volatilización de  $\text{NH}_3$  realizadas en laboratorio y campo, indican que las pérdidas de  $\text{NH}_3$  pueden ser mu

Ali y Stroehlein (1991a) estudiaron la volatilización de  $\text{NH}_3$  de fosfato de urea y urea en suelos calcáreos y alcalinos. La tendencia general fue que las pérdidas más altas de nitrógeno se obtuvieron cuando las aplicaciones se hicieron en la superficie que cuando se mezclaron con el suelo. Esta tendencia mostró un incremento en la cantidad de  $\text{NH}_3$  volatilizado al incrementar las dosis de nitrógeno. Indican que el fosfato de urea es un fertilizante potencial para suministrar nitrógeno y fósforo para las plantas con un potencial bajo de pérdida debidas a la volatilización de  $\text{NH}_3$ .

### **Evaluación**

Mikkelsen y Jarrell (1987) estudiaron el potencial benéfico de ácido aplicado a través de riego por goteo sobre la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, nutrición de la planta y rendimiento. Plantas de tomate variedad Better Boy fueron cultivadas en un suelo Migajón calcáreo deficiente en fósforo en latas de acero forradas con bolsas de polietileno conteniendo 150 kg de suelo. El fósforo se aplicó cada semana con el riego por goteo utilizando fosfato de urea (UP 17-19-0) en 0, 20, 40, 80 kg P ha<sup>-1</sup>. Las plantas crecieron 73 días después de transplante. Se tomaron muestras de suelo en incrementos de 5 cm de profundidad a 0, 10 y 20 cm de distancia de el emisor y se analizó pH, P Fe Mn y Zn. El fósforo se movió en el suelo a una profundidad de 30 cm en la dosis de 80 kg UP-P ha<sup>-1</sup>. La concentración de Zn en la hoja disminuyó con el incremento en las dosis de P. La aplicación de ácido solubilizó el P nativo del suelo, Fe y Mn dando como resultado una concentración más alta de Fe y Mn en los tejidos de las plantas que recibieron sulfato de urea. El sulfato de urea fue más efectivo en la

acidificación del suelo y en la solubilización de Fe y Mn que la equivalente acidez titulable de fosfato de urea.

Shulman *et al.* (1987) reportan que la adición de 1000 mg/L de fosfato de urea a la solución de ácido giberélico después de la formación del fruto redujo el pH de la solución a un pH estable de 2.9 y aumentó el efecto del ácido giberélico sobre el tamaño de las bayas y retardó la maduración en uvas sin semilla.

Ryan *et al.* (1988) evaluaron cuatro métodos de aplicación y cuatro niveles de fosfato de urea en un suelo altamente calcáreo y deficiente en Fe, sembrado con soya, consideraron además la interacción de fosfato de urea con dos fuentes de Fe. Reportan que la producción de materia seca y clorosis fueron relacionados inversamente; mientras el fosfato de urea aplicado al voleo se incrementó de 0.5 a 4 g kg<sup>-1</sup> de suelo, el rendimiento disminuyó mientras la clorosis se incrementó. Una tendencia similar se observó para el fosfato de urea aplicado al agua, con riego por goteo siendo ligeramente mejor que inundación, especialmente en el nivel más bajo. Aunque la aplicación en banda fue el más efectivo método de aplicación al suelo, no fue significativamente mejor que el tratamiento sin fertilizante.

En el estudio de fertilizante ácido en caña de azúcar, los resultados indican que la adición de azufre no incrementa el rendimiento (Scott *et al.*, 1989).

Rubeiz *et al.* (1989) mencionan que el más importante cambio debido al efecto de fosfato de urea sobre el agua de riego fue la caída en el pH de 8.0 a 1.8, la aplicación de fosfato de urea en el riego por goteo aumentó el fósforo en los tejidos de las hojas de Col, comparado con la fertilización en surcos. La concentración de fósforo en hojas de calabaza fue igual aplicando fosfato de urea por goteo que con fertilización en surcos. Combinando líneas subterráneas de riego por goteo y fosfato de urea, se obtiene una más alta eficiencia en el uso de agua y fósforo en suelos calcáreos.

En un estudio de movilidad y disponibilidad de metales pesados en un suelo tratado con aguas negras (13 por ciento) de 1979 a 1985, las aplicaciones de aguas negras incrementaron el contenido de Zn y Cd en la superficie del suelo (0-15 cm). Los metales pesados se presentaron en su mayor parte en forma de carbonatos y óxidos de Fe, Mn, con baja movilidad y disponibilidad. Cuando se interrumpieron las aplicaciones de aguas negras y el suelo fue tratado con fertilizantes ácidos, las formas químicas de los metales pesados cambiaron a formas solubles intercambiables, con un incremento en la disponibilidad y movilidad debido a una disminución del pH del suelo (Okamoto *et al.*, 1991).

Rubeiz *et al.* (1991) aplicaron sulfato de urea en surcos, en goteo superficial y goteo subterráneo en un suelo calcáreo, el análisis de suelo un mes después de la primera aplicación de sulfato de urea mostró altos niveles de fósforo disponible (extraído con  $\text{NaHCO}_3$ ) alrededor de los emisores. El fósforo disponible aplicando sulfato de urea en

surcos fue similar al tratamiento sin fertilizar. El pH del suelo se redujo en 0.5 unidades alrededor de los goteros, pero no se encontró cambio cuando se aplicó en surcos.

### **Evaluación en papa**

Stark y Ojala (1989) mencionan que existe poca información disponible sobre la eficiencia relativa de las fuentes de fósforo ácido-base para el cultivo de papa, en sus estudios de campo durante 1985 y 1986 compararon los efectos de polifosfato de amonio y fosfato de urea ácida aplicados en banda sobre la nutrición de fósforo y rendimiento de papa variedad Russet Burbank. Las pruebas las realizaron en suelos con un rango en pH de 8.04 a 8.16. Los valores de  $\text{NaHCO}_3\text{-P}$  en el suelo fueron 6.9 y 12.1 mg-Kg<sup>-1</sup> en 1985 y 1986 respectivamente. El polifosfato de amonio y fosfato de urea ácida fueron aplicados en la siembra en banda encima del tubérculo semilla en dosis de 0, 60, y 120 kg de P/ha en 1985 y 0, 40, y 80 kg de P/ha en 1986. El nitrógeno fue aplicado en una dosis uniforme de 240 kg/ha. En los dos años, la concentración de P en peciolo con los tratamientos de polifosfato de amonio fueron más altos que con los tratamientos con fosfato de urea ácida durante la mayor parte del periodo de crecimiento de tubérculos y los rendimientos de tubérculos fueron de 9 a 15 por ciento más altos con polifosfato de amonio que con fosfato de urea ácida.

### **Comparación con los convencionales**

En experimentos de campo con cebada y ryegrass en un suelo pesado de Rothamsted y en un suelo ligero de Woburn en Gran Bretaña, los fertilizantes nitrogenados nitrato de urea, fosfato de urea y la mezcla de fosfato de urea-urea fueron comparados con nitrato de amonio. En el suelo de Woburn, en promedio de las tres cantidades aplicadas, tanto el fosfato de urea y la mezcla de fosfato de urea-urea incrementaron el rendimiento de grano de cebada más que el nitrato de amonio, mientras que en Rothamsted no hubo diferencias entre los rendimientos promedio. En el suelo de Rothamsted, el ryegrass produjo cantidades similares de materia seca en cada corte con las fuentes de nitrógeno. En el suelo de Woburn, el nitrato de urea produjo menos materia seca que el nitrato de amonio en el primer corte y más en el segundo corte. El fosfato de urea y la mezcla de fosfato de urea-urea también produjo más materia seca en el segundo corte (Gasser y Penny, 1967).

En experimentos en campo y macetas, el fosfato de urea incrementó el rendimiento y calidad de cebada, avena y papa en un suelo derno-podzolic tanto como el  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  más superfosfato más KCl, ó urea más superfosfato más KCl (Peterburgskii y Shafran, 1971).

Experimentos en campo y en macetas con varios cultivos, han demostrado que el KCl más fosfato de urea en el que la proporción de N a  $\text{P}_2\text{O}_5$  es 1:1 es tan efectivo

fosfato de urea en el que la proporción de N a  $P_2O_5$  es 1:2.5 fue dañino para las plantas jóvenes (Peterburgskii, 1974).

Lyn y Chung (1977) obtuvieron peso seco de grano de arroz en macetas de 53.14 g./maceta con urea y 51.93-56.34 g con fosfato de urea.

Hudec *et al.* (1978) en los tratamientos de NPK aplicados a trigo, la respuesta a N en rendimiento, el fosfato de urea fue similar a la urea, en la respuesta a P, el sulfato de urea fue similar a fosfato hidrógeno de amonio.

Poltavskaia y Kovalenko (1981) mencionan que en experimentos de campo con trigo y cebada, los fertilizantes urea-fosfato de amonio y fosfato de urea aplicados en presembrado, incrementaron los contenidos de amonio, nitrato y fósforo aprovechable en el suelo, y produjeron rendimientos similares a los obtenidos con superfosfato doble, urea y nitrato de amonio aplicados en cantidades equivalentes. El contenido en proteína cruda en grano fue más alta con los fertilizantes compuestos que con los simples.

Westfall y Hanson (1985) compararon el efecto de la aplicación en banda de  $NaOH_4$  más APP (N y P), fertilizante ácido-base AUP formado con urea, ácido fosfórico y ácido sulfúrico con un contenido de 14-14-0-4.4 S y polifosfato de amonio (APP) en un suelo ligeramente ácido y un suelo calcáreo. En los estudios de incubación la aplicación de AUP resultó en una disminución inicial en pH un día después de la aplicación en el

aplicación. El tratamiento no cambió el pH en la zona de aplicación en el suelo calcáreo. Los niveles de P-NaHCO<sub>3</sub> generalmente fueron más altos después de 10 días con N y P comparado con AUP, particularmente en el suelo calcáreo. Un incremento en Zn-DTPA y Fe se observó cuando AUP se aplicó al suelo ligeramente ácido. El tratamiento con AUP no incrementó la disponibilidad de Zn o Fe en el suelo calcáreo.

Varvel *et al.* (1986) encontraron que los fertilizantes experimentales ácido-base, entre ellos fosfato de urea, no mostraron ser superiores a los materiales convencionales aplicados en el cultivo de trigo. Todos los materiales tuvieron muy poco o ningún efecto sobre la emergencia de plantas, fueron igual de efectivos suministrando nitrógeno y fósforo para la planta e incrementando el rendimiento en los experimentos donde se aplicaron en contacto con la semilla y al voleo.

Lamb *et al.* (1989) compararon fertilizantes muy ácidos conteniendo urea, ácido fosfórico y ácido sulfúrico, un fertilizante convencional de polifosfato de amonio (APP) y tiosulfato de amonio (ATS) aplicados sin elementos menores o con la adición de Zn y/o Fe sobre la absorción de fósforo, zinc y hierro por la soya cultivada en suelos altamente calcáreos. Los fertilizantes muy ácidos fueron muy similares a los convencionales en producción de grano de soya. Los fertilizantes usados no incrementaron la concentración de fósforo en las plantas de soya en tres de las cuatro localidades. La absorción de fósforo por las plantas jóvenes de soya se incrementó en todas las localidades pero la fuente de fertilizante y micronutrientos agregados no

afectada por la fuente de fertilizantes ni por la adición de zinc en dos localidades. En las otras dos la absorción y concentración de zinc se incrementó por el uso de Zn. La concentración de hierro en las plantas jóvenes no fue afectada por los tratamientos en ninguna de las localidades. La absorción de hierro fue mayor en el tratamiento fertilizado comparado con el testigo.

Haleem *et al.* (1992) indican que en sorgo, la aplicación de Fe solo tuvo poco efecto, pero cuando se aplicó en banda junto con fertilizantes de fósforo, es más efectivo, incrementando la producción de materia seca y la absorción de Fe, Mn, y Zn. La adición de fertilizantes de fósforo con  $\text{FeSO}_4$  incrementaron el Fe extractable con DTPA en suelo en el siguiente orden: fosfato diamónico > fosfato de urea > sulfato fosfato de urea > fosfato monocálcico.

Sosa *et al.* (1992) no encontraron diferencia entre las fuentes de nitrógeno urea-ácido sulfúrico y urea-sulfato de amonio, en la producción de forraje verde, forraje seco y grano, de maíz forrajero.

Godoy *et al.* (1992) reportan que no se encontró efecto de los fertilizantes ácidos y granulados ni de las dosis de nitrógeno y fósforo sobre el rendimiento de algodón en pluma en kg/ha, ni entre el contenido de fósforo total en peciolas, a los 45 y 90 días, después de siembra.

Zamudio (1992) reporta que en su trabajo de laboratorio se redujo el pH de 8.5 a 7.7 en los primeros 20 cm. superiores de columnas de suelo de 90 cm. de profundidad por la aplicación de la solución nitrogenada ácida FERCORR (20-0-0 -7S). En invernadero, la producción de materia seca de trigo con FERCORR fue superior a agua amoniacal y a la mezcla agua amoniacal más polisulfuros. En campo, la producción de trigo con FERCORR fue superior a los mismos mencionados anteriormente. Concluye que la solución nitrogenada ácida es una opción como fertilizante y mejorador de suelos calcáreos en la producción de trigo.

En la información que reporta Moreno *et al.* (1992) no se aprecia la diferencia entre el efecto de la urea y fosfato de urea sobre el rendimiento de algodón en La Comarca Lagunera.

Dimas (1994) aplicó los fertilizantes líquidos ácidos 26-0-0-6 y 5-30-0-5 y los sólidos urea y superfosfato triple, en los cultivos de maíz cebada y triticale en macetas bajo condiciones de invernadero. Reporta que la aplicación de fertilizantes líquidos ácidos incrementaron la altura de plantas de maíz y triticale. La aplicación del fertilizante ácido 5-30-0-5 más urea, incrementa la tasa de absorción de fósforo comparado con la aplicación de 5-30-0-5 de - 0.76 a 1.59 por ciento en maíz. En cebada la aplicación de 26-0-0-6 y 5-30-0-5 incrementa la tasa de absorción comparándolo con 5-30-0-5 de 1.58 a 47.32 por ciento. En triticale el mayor incremento se obtuvo aplicando 26-0-0-6 y 0-46-0 comparándolo con 5-30-0-5 de 4.77 a 29.1 por ciento. El contenido en carbonatos

fertilizantes incrementó el contenido de fósforo con 26.49 ppm en comparación con el testigo en el cultivo de maíz, en cebada la aplicación de 26-0-0-6 y 0-46-0 superó al testigo con 9 ppm. La aplicación de fertilizantes ácidos disminuyó el pH del suelo e incrementó la disponibilidad de fósforo y calcio en suelo.

Hurtado (1995) aplicó al trigo, con y sin estiércol los fertilizantes líquidos ácidos 26-0-0-5.5 y 5-30-0-5.5 y los sólidos urea, superfosfato triple, superfosfato simple y sulfato de potasio, no encontró diferencia significativa entre tratamientos para número de hijuelos, altura de planta, peso hectolítico y rendimiento de grano. En planta, el tratamiento de fertilizantes ácidos más estiércol reporta el mayor contenido en fósforo.

Ochoa (1995) aplicó los fertilizantes líquidos ácidos 26-0-0-6 y 5-30-05 y los sólidos urea y superfosfato triple de calcio y superfosfato simple de calcio, al cultivo de cebada, utilizó la dosis 120-80-0 en siembra y fraccionada al amacollar el cultivo y en el encañe, reporta que no encontró diferencias significativas en número de hijuelos por planta, altura de planta, número de espigas, peso hectolítico ni rendimiento.

### **Estudios en laboratorio, invernadero e incubación**

Ryan *et al.* (1986) estudiaron el fosfato de urea solo y combinado con fuentes de Fe, en un suelo calcáreo e incubado a temperatura ambiente, reportan que aunque el fosfato de urea incrementó los valores netos de Mn y Zn en el suelo, no tuvo efecto sobre

el Fe. La disponibilidad de micronutrientos cambió con el tiempo. También ocurrieron cambios variables en pH, CE, P y las formas de N.

Mortvedt y Kelsoe (1987) estudiaron los posibles efectos de solubilizar los micronutrientos nativos del suelo de los siguientes fertilizantes fluidos tipo ácido, 21-7-0, 24-8-0-7S, 27-9-0, 10-30-0- y 10-30-0-7S, formados por la mezcla de urea y ácido fosfórico y agua, ó urea ácido fosfórico, agua y ácido sulfúrico. Para comparar incluyeron el polifosfato de amonio 10-34-0 (APP). En laboratorio a media pulgada de la aplicación en banda el pH disminuyó con los productos tipo ácido grado 3:1:0. El fósforo extractable en el suelo fue relacionado con el contenido de fósforo de estos fertilizantes. El fósforo aplicado se difundió alrededor de 0.8 pulgadas de la aplicación después de 35 días. Los niveles de Fe, Mn, y Zn extractable con DTPA dentro de 0.6 pulgada de la aplicación fueron más altos con los fertilizantes ácidos 1:3:0 que con 10-34-0, pero el Zn extractable no fue afectado por los fertilizantes 3:1:0. Las concentraciones de micronutrientos generalmente disminuyeron con el tiempo y fueron inversamente relacionados con los niveles de pH del suelo. En macetas dentro de invernadero además de los fluidos se probaron fosfato diamónico y fosfato monoamónico al mismo suelo encalado a un pH 5.8 y 7.6, Los rendimientos de forraje de maíz fueron más bajos con 21-7-0 y 24-8-0 7S en ambos niveles de pH. La asimilación de micronutrientos en cada nivel de fósforo generalmente fue similar con todos los fertilizantes de fósforo. Estos resultados sugieren que la aplicación en banda de los fertilizantes tipo ácido no incrementan en forma medible la disponibilidad de los micronutrientos nativos en este suelo.

Dos fertilizantes líquidos tipo ácido mezclando urea con  $\text{H}_3\text{PO}_4$  o urea con  $\text{H}_3\text{PO}_4$  y  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , polifosfato de amonio líquido, superfosfato triple granular y fosfato diamónico, fueron aplicados en banda, solos o con  $\text{FeSO}_4$  en un suelo deficiente en Fe, en dos experimentos en macetas en invernadero. El rendimiento en forraje y asimilación de Fe en sorgo de grano se incrementaron con aplicación en banda de  $\text{FeSO}_4$  solo o con los fertilizantes excepto con fosfato diamónico. Los rendimientos de forraje y absorción de Fe con la aplicación en banda de los fertilizantes solos fueron algo más altos con los tres fertilizantes líquidos y TSP, indicando que la disponibilidad de Fe en este suelo pudo haberse incrementado por la aplicación en banda de esos fertilizantes o que el Fe como contaminante en esos fertilizantes pudo estar disponible para las plantas. Cada fertilizante también fue aplicado en banda al suelo en cajas de vidrio en laboratorio, El suelo fue muestreado alrededor de las aplicaciones en bandas a los 7, 21 y 35 días. Dentro de 1 cm. de la banda, el pH del suelo disminuyó más con los fertilizantes tipo ácido que con polifosfato de amonio. El Fe extractable con DTPA cerca de la aplicación en banda fue más alta con polifosfato de amonio que con los productos tipo ácido y disminuyó con la distancia de la banda (Mortvedt y Kelsoe, 1988).

Ryan y Tabbara (1989) evaluaron en un estudio de laboratorio el fosfato de urea, con respecto a la infiltración inicial de la solución de fosfato de urea y posteriormente agua sola. Se utilizaron 200 g de suelo en columnas, éstas fueron lavadas con soluciones salinas (CE 1.5 dS m<sup>-1</sup>) con relación de adsorción de sodio (RAS) de 5, 10, 20, 40 y 60 para obtener una variación en el porcentaje de sodio intercambiable (PSI). Los índices de infiltración inicial (IR) se incrementaron solamente con las soluciones

diluidas de fosfato de urea, i.e, 1.0 y 2.5 g kg<sup>-1</sup> mientras que en todas las soluciones de fosfato de urea mejoraron la subsecuente infiltración con agua sola. Como la concentración de fosfato de urea de la solución infiltrada se incrementó, ocurrió una disminución en Na soluble de el extracto de saturación y Na intercambiable, y el RAS estimado. El incremento en el Ir fue probablemente debido a que el H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> solubilizó CaCO<sub>3</sub> para las reacciones de intercambio de Ca<sup>2+</sup> con el Na<sup>+</sup> del suelo. El fosfato de urea puede por lo tanto aumentar el uso eficiente de agua en algunos suelos con riego así como ser una efectiva fuente de nitrógeno y fósforo.

Ali y Stroehlein (1991b) en su estudio para medir los efectos de fosfato de urea y algunas enmiendas de suelo sobre las propiedades de dos suelos sódicos, en columnas, indican que el fosfato de urea puede ser usado como corrector de suelos para controlar la salinidad de suelo y la alcalinidad.

Rubeiz *et al.* (1992) reportan que el fósforo aportado por el fosfato de urea disminuyó de 500 ppm a 200 ppm después de cuatro semanas de aplicación, el pH bajo durante tres semanas de 7.3 a 6.3 en el punto de aplicación, en columnas de suelo calcáreo incubadas a capacidad de campo en invernadero.

Hurtado (1995) en suelo incubado a 35°C, analizó fósforo asimilable a los 30, 45 y 60 días, reporta una mayor cantidad de fósforo asimilable con los fertilizantes ácidos

Ochoa (1995) en suelo incubado y con aplicación de fertilizantes ácidos y sólidos, determinó fósforo aprovechable a los 30, 45 y 60 días, los tratamientos que reportan la mayor disponibilidad de fósforo son testigo comercial, estiércol más fertilizantes líquidos ácidos y estiércol más testigo comercial en el 1° 2° y 3° muestreo respectivamente.

## **Fósforo**

### **Aspectos generales**

El fósforo ha sido llamado con frecuencia la llave maestra de la agricultura, ya que la producción baja de los cultivos se debe con más frecuencia a una falta de fósforo que a la deficiencia de cualquier otro elemento, excepción quizá del nitrógeno (Tamhane, *et al.* 1978).

También, ha sido llamado la llave de la vida porque se halla directamente implicado en la mayoría de los procesos vitales. Está presente en todas las células, con tendencia a concentrarse en las semillas y zonas de crecimiento de las plantas (Thompson y Troeh, 1980).

Uno de los problemas difíciles a los que se enfrenta el investigador de la nutrición, es convencer al agricultor y al público de que, con mucha frecuencia, una deficiencia de fósforo no llega a ser evidente a través de una disminución en los

rendimientos de las plantas, sino que puede manifestarse a través de la reducción del contenido de fósforo de la planta, que en definitiva, causa una nutrición defectuosa de los animales y de los hombres que se alimentan de ellas (Tamhane *et al.*, 1978).

### **En suelo**

Para obtener grandes rendimientos se necesita añadir fertilizantes fosfóricos a muchos suelos. Esto quiere decir que tales suelos no son capaces de proporcionar por sí mismos suficientes fosfatos para el crecimiento óptimo de las plantas durante el período de vegetación de un cultivo. Por consiguiente, este es un problema muy importante en la agricultura e inquieta seriamente a causa de las mermadas reservas mundiales de fosfatos minerales (Collis-George *et al.* 1971).

El fósforo, lo mismo que el nitrógeno y el azufre, forma aniones complejos con el oxígeno, pero la solubilidad de los fosfatos es baja, lo cual reduce prácticamente su disponibilidad y constituye una desventaja. El pH más favorable para la disponibilidad del fósforo se encuentra próximo a la neutralidad o ligera acidez. En condiciones débilmente alcalinas suele existir abundancia de calcio en el suelo, lo cual favorece la conversión del fósforo soluble en hidroxapatito  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{OH}$  u otros fosfatos de calcio poco solubles. A pH próximo a 8 o levemente superior, la solubilidad de estos materiales es tan baja, que con frecuencia se presentan deficiencias. Puede, así, existir una abundancia de compuestos sólidos de fósforo en el suelo. al tiempo que los fosfatos

solubles son insuficientes para cubrir las necesidades de las plantas. La mayor parte de los cultivos utilizan, cada año, entre 10 y 30 kg/ha de fósforo (Thompson y Troeh, 1980).

### **Acumulación en plantas de papa**

Se estudió el patrón de acumulación de P y K en diferentes partes de plantas de papa variedad Kufri Sindhuri creciendo con 0-240 kg N y 0-180 Kg  $P_2O_5$ /ha. La aplicación de N y P incrementó la acumulación de P en todas las partes de la planta en casi todas las etapas de crecimiento. El incremento en la acumulación de P fue más evidente en los tubérculos que en hojas y tallos. La proporción relativa de P acumulado en diferentes partes cambió con la edad pero la aplicación de N no mostró ningún efecto marcado. La aplicación de N y P también incrementó la acumulación de K. Sin embargo, el efecto de la aplicación de P fue menos marcado que la aplicación de N (Gupta y Saxena, 1981).

En experimentos de campo en dos sitios de Washington en 1978-79, se aplicó al voleo  $P_2O_5$  en un suelo loamy arena en dosis de 0-269 Kg/ha e incorporado antes de sembrar papas variedad Russet Burbank a mediados de Abril. Se analizó P en los peciolo en 6 ocasiones durante el ciclo y hasta la cosecha a finales de Septiembre. Los rendimientos de tubérculos se incrementaron al incrementar el P hasta un máximo de 73 ton/ha., los rendimientos de tubérculos sin P alcanzaron solamente 79-86 por ciento del máximo. La concentración crítica de P en los peciolo para un rendimiento máximo del 5-

100 por ciento se estimó en 0.38-0.45 por ciento en Junio y 0.14-0.17 por ciento 10 semanas más tarde hacia el final del ciclo (Roberts y Dow, 1982).

Se estudió la factibilidad de usar el análisis químico de planta para un diagnóstico temprano de las deficiencias de P y K en papas. Se tomaron muestras de la parte aérea de la planta (hojas incluyendo tallos) en experimentos de fertilización en campo y se analizaron N, P, y K total. Se usó la relación inversa entre la concentración de N en planta y su edad para ajustar la concentración de P y K en planta a un contenido estándar de N. De esta manera se eliminaron parcialmente las diferencias en las etapas de crecimiento. Los más altos rendimientos de tubérculo fueron asociados con un porcentaje mayor de 0.5 de fósforo en las hojas, y cinco de potasio ambos con cinco por ciento de N en materia seca. Con cada unidad de porcentaje de disminución en la concentración de N, el valor crítico para P disminuyó en 0.1 por ciento y el de K en 0.5 por ciento. Graves reducciones en el rendimiento se presentaron por debajo del 0.3 por ciento de P y 3 por ciento de K con cinco por ciento de nitrógeno (Prummei y Barnau-Sijhoff, 1984).

Se estudió la relación del contenido de P en planta con el balance de P y materia seca entre tubérculos y necesidades de crecimiento total de planta. Se obtuvo información del análisis de crecimiento, contenido de P total en planta y hoja y el contenido de fósforo soluble en peciolo. El contenido de P de la parte aérea de la planta fue significativamente relacionado con el contenido de P soluble en peciolo de las hojas activas. El P total absorbido por la planta y los índices de producción de materia seca no fueron adecuados para los índices de crecimiento de tubérculo cuando el contenido de

fósforo total de la parte aérea y hojas activas fue menos de 2.2 g P/Kg. Los contenidos de P soluble en el cuarto peciolo abajo del punto de crecimiento fue menos de 1 000 y 700 mg/Kg., respectivamente, cuando la absorción de P y los índices de producción de materia seca no fueron adecuados para el crecimiento de tubérculo. El contenido de P soluble en peciolo disminuyó durante la etapa de crecimiento siguiendo una relación semilogarítmica. Esta relación permitió la predicción del contenido de P soluble en peciolo para el resto de la etapa de crecimiento y pudo ser usada para predecir cuando aplicar P (Westermann y Kleinkopf, 1985).

El superfosfato triple marcado, fue aplicado al cultivo de papa en la siembra y 32 días después de la emergencia en dosis de 100 y 200 kg/ha de  $P_2O_5$  en un suelo de ceniza volcánica de Colombia. La fertilización con fósforo incrementó el rendimiento de 19.7 a 37.7 ton/ha y el fósforo removido por el cultivo fue de 9.7 a 24.2 kg/ha . La fecha de aplicación no tuvo efecto significativo. La eficiencia en el uso del fertilizante fue más alta (2.36 por ciento) con la aplicación a 32 días después de la emergencia que a la siembra (0.82 por ciento) (Ortiz *et al.*, 1988).

En un experimento de campo a largo plazo (1979-83) sobre un suelo ácido en Pradesh, India, se evaluó la eficiencia de estiércol de corral y fertilización de P y K (solos y en combinaciones) en el cultivo de papa. El rendimiento medio más alto de tubérculo (39.1 ton/ha) fue con la aplicación de 40 Kg de K más 20 Kg de P con 15 ton de estiércol/ha. La adición de fertilizantes de P y K y estiércol aumentó significativamente la

hojas no fueron afectadas con los tratamientos de PK y estiércol pero el P solo redujo marcadamente el contenido de K en la hoja. El suministro de 40 Kg de P más 80 Kg de K/ha y el uso de estiércol (así como sus combinaciones) mejoraron el estatus de P y K disponibles en el suelo (Grewal y Trehan, 1988).

En pruebas realizadas durante 1985-87 en el cultivo de papa con aplicaciones de N en un suelo ácido (pH 5.2) migajón arenoso, las aplicaciones de 22, 44 y 66 kg P/ha dieron un rendimiento promedio de tubérculos de 13.29, 17.08 y 19.60 t/ha y un contenido de P en tubérculos de 0.135, 0.140 y 0.142 por ciento respectivamente. La eficiencia del P aplicado 5 cm. encima ó abajo del tubérculo semilla fue similar y significativamente más alto que cuando se aplicó 5 cm. a un lado del tubérculo semilla. La recuperación promedio del P aplicado fue solamente 8.7 por ciento y en los tubérculos se acumuló el 73.3 por ciento de lo absorbido (Sharma y Grewal, 1989).

En experimentos de campo en la temporada de Invierno de 1984-85 en un suelo migajón arenoso, el cultivo de papa variedad. Kufri Badshah se fertilizó con 0-180 kg de N/ha y 0-150 kg K/ha. Las aplicaciones de N y K incrementaron la acumulación de materia seca en raíces, tubérculos y la materia seca total de la planta. La absorción total de N, P y K varió de 112.06 a 201.02, 9.48 a 15.8 y 106.5 a 207.39 kg/ha respectivamente, con diferentes combinaciones en las aplicaciones de N y K. Aproximadamente el 58, 66 y 72 por ciento de la absorción total de N, P y K se acumuló en los tubérculos (Anand y Krishnappa, 1989).

El desarrollo del sistema radical de cereales y papas de primavera y la absorción de fósforo por las plantas fue estudiado usando  $^{32}\text{P}$  en pequeñas parcelas experimentales. Estos experimentos y pruebas de campo demostraron la eficiencia de la aplicación localizada de fertilizantes minerales para los cultivos de cereales y papa (Kyarblane *et al.*, 1990).

El cultivo de papa variedad Famosa se desarrolló en Camerún, Malasia, con la aplicación de 10 ton de gallinaza y 2 ton de mezcla con fertilizante/ha. El rendimiento de tubérculos fue 27 ton/ha. La acumulación de nutrimentos en las plantas fue 78 kg de N, 11 kg de P, 154 kg de K, 31 kg de Ca y 7 kg de Mg/ha. Aproximadamente el 50 por ciento de N, K y Mg, 70 por ciento de P y 8 por ciento de Ca se acumuló en los tubérculos y el resto en tallos y hojas. Las concentraciones de los elementos traza fueron más bajas en los tubérculos que en las hojas y tallos (Vimala *et al.*, 1990).

Durante 1984-86 las papas que se desarrollaron en un suelo Chernozem en Ucrania, fueron fertilizadas con 60-150 kg de N, 60-120 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  y 90-180 kg de  $\text{K}_2\text{O}$ /ha en diferentes combinaciones. El consumo de nutrimentos/10 ton de tubérculos fue 48-60 kg de N, 15-21 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$  y 64-84 kg de  $\text{K}_2\text{O}$  en diferentes tratamientos (Kalits'kiĭ y Rudenko, 1990).

En un experimento en macetas en invernadero y usando suelos de Shimla, Kufri y Galoo de Pradesh, India, en el cultivo de papa variedad Kufri Jyoti, se evaluó 0, 100 y 200 ppm de  $\text{P}_2\text{O}_5$  con una aplicación base de 100 ppm de N y 100 ppm de  $\text{K}_2\text{O}$  y 0,

200 y 400 ppm de  $K_2O$  con una aplicación base de 100 ppm de N y 80 ppm de  $P_2O_5$ . El rendimiento de materia seca total se incrementó con aplicaciones de P en el suelo de Kufri únicamente, sin embargo, en los dos ciclos siguientes el P residual no afectó la producción de materia seca en ningún suelo. La absorción de P se incrementó con la aplicación de P pero el P residual incrementó la absorción en el suelo de Shimla únicamente (Sud y Negi, 1991).

En experimentos de campo con papas durante 1986-88, las aplicaciones de N y K no incrementaron consistentemente el rendimiento pero la respuesta a P fue significativa en todas las dosis, produciendo rendimientos medios de 11.5, 21.9 y 24.1 ton/ha con 0, 100 y 200 kg de  $P_2O_5$  respectivamente. Las concentraciones de P no se incrementaron con la aplicación de P. Los valores del umbral de P y K en el suelo para rendimiento máximo fueron estimados en 175 ppm de P y 0.6 por ciento m.e. de K usando como extractante  $H_2SO_4$  0.1 M (Bholah *et al.*, 1990).

En experimentos de campo en la Estación Experimental Probstheida, de la Universidad de Leipzig, Alemania, en 1982-83, se aplicó al cultivo de papa 0, 80, 160, 240 kg de N/ha con urea sola ó con el inhibidor de nitrificación CMP (1-carbamoyl 3(5)-methylpyrazole). Las aplicaciones de N disminuyeron el contenido de P en el vástago y tubérculos sin aplicaciones de CMP. La absorción de fósforo mejoró con las aplicaciones de N, especialmente en presencia de CMP. La absorción diaria de fósforo fue más alta (0.3-0.4 kg/ha) durante los dos primeros meses después de la emergencia (Stalin y Enzmann, 1991).

En experimentos de campo en un suelo ferralítico rojo compactado, en Cuba, al cultivo de papa variedad Desiree, la absorción de Zn, Mn, N, P y K se incrementaron al incrementar el nitrógeno. Las concentraciones de Zn, Mn, y B fueron más altas mientras que la de P fue más baja en tallos que en tubérculos. El rendimiento de tubérculos fue correlacionado con la absorción de todos los elementos excepto Mn (Arozarena *et al.*, 1991).

En experimentos de campo en 7 localidades en Strevlage, Alemania, en 1987-89, en el cultivo de papa variedades Adretta, Astilla, Karat, Karpina y Koretta, se hicieron aplicaciones en primavera de 0, 20, 40, y 60 kg de P/ha. y una aplicación en otoño de 40 kg de P con superfosfato triple o superfosfato. Los contenidos iniciales de P y K en el suelo a 0-20 cm de profundidad fueron de 5.1 a 13.5 y de 8.0 a 15 mg/100 g de suelo respectivamente. Promediando los tres años, la producción de materia seca de tubérculos fueron 5.3 ton/ha sin aplicación de P, 5.7 ton/ha con aplicación de fósforo en otoño, y 6.2, 6.8, y 6.7 ton/ha con 20, 40, y 60 kg aplicando P en primavera respectivamente. Los rendimientos correspondientes de almidón fueron 3.8, 4.1, 4.4, 4.9 y 4.7 ton/ha. y la absorción de P (tomando como base el rendimiento de tubérculo) fue 10.7, 12.1, 13.4, 14.7 y 15.0 kg de P/ha (Röhricht, 1992).

En experimentos de campo durante las temporadas de Invierno de 1989-91 en un suelo migajón arenoso en Kalyani, en el Oeste de Bengala, el cultivo de papa variedad Kufri Badshah fue fertilizado con el 100 y 75 por ciento de la dosis de fertilización recomendada de NPK (100-100-100) aplicando fósforo con superfosfato simple y fosfato

diamónico. La producción de materia seca a los 60, 80 y 100 días después de la siembra y el rendimiento de tubérculo fueron más altos con el 100 por ciento de la dosis de fertilización aplicando el fósforo con fosfato diamónico. Las absorciones de N, P, K y S fueron más altas con el 100 por ciento de la dosis de NPK aplicando el fósforo con superfosfato simple (Mondal *et al.*, 1993).

Walworth y Muniz (1993) mencionan que los niveles de fósforo disminuyen durante la etapa de crecimiento en las diferentes partes de la planta, los valores que presentan para niveles deficientes, bajos, suficientes, altos y tóxicos de fósforo, se presentan en el Cuadro 2.1

Cuadro 2.1. Contenido de fósforo en los tejidos de papa.

Etapas	Def.	Bajo	Suf.	Alto	Tóxico	Cultivar
<b>Hojas (%P)</b>						
Temprana	0.30		0.60			Varios
Intermedia (49 DDS)	0.20		0.40			Varios
(10% Flor)			0.35			G. Mtn
Tardía	0.10		0.48-0.57			Varios
			0.20			Varios
<b>Tallo Principal (%P)</b>						
Tardía (durante floración)			0.312			R. Bur.
<b>Peciolos (% P)</b>						
temprana (60 DDS)	0.20		0.30			Varias
	<0.15	0.15-0.25	0.22-0.55	0.76-1.25	>1.25	Varias
(Prefloración)	<0.30	0.25-0.30	0.26-0.75	0.71-0.90		Varias
Intermedia	0.10	0.31-0.40	0.41-0.70			Varias
(floración)	<0.20	0.21-0.30	0.20	0.51-0.70		Varias
(100 DDS)			0.31-0.50			Varias
(tubérculo 2cm)			0.18			R. Bur.
(llenado)		0.22	0.15			Varias
Tardía			>0.14-0.17			R. Bur.
(postfloración)	0.08		0.15			Varias
(Tubérculo 3/4")	<0.10	0.11-0.20	0.21-0.50	0.51-0.70		Varias
			>0.20-0.30			Varias
<b>Peciolos (% Fosfato-P)</b>						
Temprana	0.12		0.20			Varios
(28-56 DDE)	<0.12	0.12-0.20	>0.20			Varios
(42 DDE)	<0.08	0.08-0.16	0.16-0.26	0.26		Varios
Intermedia						
(42-70 DDE)	<0.08	0.08-0.16	>0.16			Varios
	0.08		0.16			
(50-60 DDS)			>0.14-0.16			Varios
Tardía	0.05		0.10			Varios
(Tubérculo 1/2" a madurez)	<0.05	0.05-0.10	>0.10			Varios
						Varios

Cuadro 2.1..... Continuación.

Etapa	Def.	Bajo	Suf.	Alto	Tóxico	Cultivar
Tubérculos (% P)						
Temprana (60 DDS)			0.57			G. Mtn.
(67 DDS)			0.22			R. Bur.
Intermedia						
(70 DDS)			0.29			G. Mtn.
(74 DDS)			0.21			R. Bur.
(91 DDS)			0.18			G. Mtn.
(95 DDS)			0.16			R. Bur.
Cosecha (112 DDS)			0.16			G. Mtn.
(152 DDS)			0.20-0.24			Varios
			0.14			R. Bur.
Hojas completas (% P)						
Intermedia			0.437			R. Bur.
(floración)	<0.15	0.15-0.25	0.26-0.75	0.76-1.25	>1.25	Varios
(floración Temp)				0.50		Varios
(10 % floración)						
Tardía (tubérculos ½ crecimiento)		0.20-0.24	0.25-0.40	>0.40		Varios
Plantas completas (% P)						
Temprana (50 DDS)			0.55			G. Mtn.
(67 DDS)			0.24			R. Bur.
Intermedia						
(70 DDS)			0.30			G. Mtn.
(74 DDS)			0.21			R. Bur.
(91 DDS)			0.21			G. Mtn.
(95 DDS)			0.14			R. Bur.
Cosecha (112 DDS)			0.14			G. Mtn.
(152 DDS)			0.17-0.22			Varios
			0.10			R. Bur.

R. Bur.-Russet Burbank; G. Mtn- Green Moutain.

DDS- Días después de siembra

DDE- Días después de emergencia

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

#### **Localización del Sitio Experimental**

El estudio se realizó en dos localidades, la primera en la región de Navidad N.L., en los terrenos del Campo Experimental "Navidad" de La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se localiza entre las coordenadas 25° 2' 20" de latitud norte y 100° 37' 30" de longitud oeste, a una altura promedio de 1 885 msnm.

La segunda en la región de la Sierra de Arteaga, en los terrenos del Campo Experimental "Sierra de Arteaga" del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, se localiza a 25° 16' de latitud norte y 100° 46' de longitud oeste, a una altura de 2 040 msnm..

## Características del Area

### Sierra de Arteaga

#### Suelos

En su totalidad la sierra de Arteaga, Coahuila, está formada por rocas sedimentarias lutitas-areniscas, la cual provoca en los terrenos con pendientes pronunciadas suelos delgados en su mayoría.

Los suelos que predominan en esta región de acuerdo a las cartas del CETENAL son los siguientes:

I + E/2 Litosoles con intrusión de rendzinas de textura media.

Son suelos poco profundos donde sobreyace inmediatamente material calcáreo con equivalente de carbonato de calcio mayor del 40 por ciento.

E + I/2 Rendzinas con intrusión de litosoles de textura media.

Suelos en los cuales se presenta material calcáreo subyacente a un horizonte A mólico.

Los suelos encontrados en extensiones más pequeñas; generalmente en pequeños valles o mesetas son:

Hg/2 Xerosoles gípsicos de textura media.

Suelos que presentan un horizonte A ocríco profundos, y con presencia de un horizonte gípsico en los primeros 125 cm dentro del perfil del suelo.

Presenta en dichos suelos fase física petrocálcica y petrocálcica profunda.

### **Tipo De Clima**

Según el sistema de clasificación de Koppen en 1936, modificado por García en 1981, el clima de la región es tipo BSo(h') W (e'), pertenece al grupo de los climas secos o estepario, es el más seco de su tipo, muy cálido, con una temperatura media anual de 22.8°C, extremoso en los meses de invierno alcanzando temperaturas de hasta 15°C bajo cero.

Por su régimen de lluvias, los meses más lluviosos son de junio a septiembre, con una precipitación total anual de 391 mm.

### **Navidad N.L.**

### **Suelos**

Los lomeríos y sierras encontradas en los extremos del valle provienen de rocas sedimentarias de lutitas-areniscas las cuales provocan que mediante el acarreo de

materiales de partes altas a partes bajas, provoque una acumulación de materiales dando lugar a suelos aluviales.

De acuerdo a las cartas del CETENAL los suelos predominantes donde se siembra el cultivo de papa son:

Hg - Is/2 Xerosol gipsico de textura media, ligeramente salino de 4-8 mmhos a 25°C.

Estos suelos presentan un horizonte A ócrico y un régimen de humedad arídico / además presentan un horizonte gipsico en los primeros 125 cm.

Re + Hg/2 Regosoles eutricos con intrusión de Xerosol gipsico de textura media.

Estos suelos no presentan una configuración definida en horizontes a menos que estén enterrados por 50 cm o más de material nuevo.

### **Tipo de Clima**

De acuerdo a la clasificación hecha por Koppen modificada por García (1973) el clima de esta región es:

BS1 K x' (e) Clima semiseco, templado, muy extremo, con lluvias todo el año.

El resumen de las condiciones de temperatura, lluvia y evaporación que se presentaron durante la etapa de desarrollo del cultivo de papa en ambas localidades se muestran en los Cuadros 3.1 y 3.2.

Cuadro 3.1 Resumen de temperatura, lluvia y evaporación durante el desarrollo del cultivo de papa en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V. 1994.

Meses	Temperatura (°C)			Lluvia (mm)		Evaporación (mm)	
	Máx.	Min.	Media	Máxima	Total	Máxima	Total
Mayo	32.0	3.0	18.7	17.3	39.0	12.54	78.34
Junio	29.0	7.0	18.7	31.7	93.1	11.63	131.36
Julio	30.0	7.0	18.6				
Agosto	26.0	5.0	15.6				
Septiembre	27.0	3.0	16.4				

FUENTE: Departamento de Agrometeorología UAAAN

Cuadro 3.2 Resumen de temperatura, lluvia y evaporación durante el desarrollo del cultivo de papa en la localidad "Navidad" (UAAAN). Ciclo P-V. 1994.

Meses	Temperatura (°C)			Lluvia (mm)		Evaporación (mm)	
	Máx.	Min.	Media	Máxima	Total	Máxima	Total
Mayo	31.0	2.0	17.6	22.0	57.0	11.40	127.25
Junio	31.0	7.0	18.7	23.0	56.5	10.56	92.30
Julio	31.0	6.0	19.0	30.0	70.0	14.34	147.12
Agosto	30.0	7.0	18.7	20.0	53.0	13.90	136.58
Septiembre	27.0	3.0	16.4	15.0	15.0	11.00	110.46

FUENTE: Departamento de Agrometeorología UAAAN

### **Preparación del terreno.**

En el Campo Experimental Navidad (UAAAN) el terreno donde se estableció el experimento estuvo sembrado con trigo en el ciclo agrícola anterior y se preparó únicamente mediante pasos de rastra.

En el Campo Experimental Sierra de Arteaga (INIFAP) el experimento se estableció en un terreno que permaneció en descanso en el ciclo agrícola anterior y la preparación del terreno se realizó mediante paso de rastra, arado y rastra.

### **Fertilizantes utilizados**

Los fertilizantes líquidos ácidos aplicados fueron el 26-0-0-6S, su densidad es de 1.2 g/cc y su pH de 1.24 y el 5-30-0-5S, su densidad es 1.3 g/cc y su pH de 0.81, los fertilizantes sólidos aplicados fueron urea (46-0-0), superfosfato de calcio triple (0-46-0) y sulfato de potasio (0-0-50).

### **Tratamientos**

Los tratamientos que se estudiaron se presentan en el Cuadro 3.3, en los tres primeros se aplicaron los fertilizantes líquidos ácidos, en los siguientes tres los sólidos y el último correspondió al testigo absoluto.

La dosis de fertilización que se aplicó fue 200-450-200, en los tratamientos uno y cuatro se fraccionó de acuerdo a lo recomendado, en dos y cinco se fraccionó a un medio y se hicieron las aplicaciones en siembra y primera escarda, y en los tratamientos tres y seis se fraccionó a un tercio y se aplicó en siembra, primera, y segunda escarda.

Cuadro 3.3 Tratamientos en las localidades Navidad (UAAAN) y Sierra de Arteaga. (INIFAP) Ciclo primavera-verano. 1994.

Trat No.	Tipo de fertilizantes	Epoca de Aplicación	Cantidad Aplicada
1	Líquidos Acidos	Siembra	1/2 N, 1 P, 1 K
		1ª Escarda	1/2 N
2	Líquidos Acidos	Siembra	1/2 N, 1/2 P 1/2 K.
		1ª Escarda	1/2 N, 1/2 P 1/2 K
3	Líquidos Acidos	Siembra	1/3 N, 1/3 P, 1/3 K
		1ª Escarda	1/3 N, 1/3 P, 1/3 K
		2ª Escarda	1/3 N, 1/3 P, 1/3 K
4	Sólidos	Siembra	1/2 N, 1 P, 1 K
		1ª Escarda	1/2 N
5	Sólidos	Siembra	1/2 N, 1/2 P, 1/2 K
		1ª Escarda	1/2 N, 1/2 P, 1/2 K
6	Sólidos	Siembra	1/3 N, 1/3 P, 1/3 K
		1ª Escarda	1/3 N, 1/3 P, 1/3 K
		2ª Escarda	1/3 N, 1/3 P, 1/3 K
7	T E S T I G O      A B S O L U T O		

### Semilla

Se utilizó como semilla, tubérculos de tercera categoría de la variedad Alpha cosechada en 1993 en la región Sierra de Arteaga.

### **Tratamiento a la semilla.**

La semilla se trató el mismo día de siembra con los productos químicos Carbofuran y Pencycuron en las dosis recomendadas en las etiquetas.

### **Fecha y método de siembra**

El cultivo se desarrolló durante el ciclo agrícola Primavera-Verano (P-V), en la localidad Navidad, la siembra se realizó el 5 de mayo de 1994, en suelo ligeramente húmedo, se abrieron los surcos con maquinaria, se aplicaron en forma manual los tratamientos de fertilización correspondientes a la siembra, se cubrió con suelo el fertilizante para que no quedara en contacto con la semilla, se depositó en forma manual un tubérculo cada 25 cm de distancia, se hizo una aplicación a los tubérculos cuando se colocaron en el suelo con aspersora manual utilizando el mismo material con que se trataron anteriormente, no se pudieron tapar los tubérculos-semilla debido a que en ese momento se presentó una fuerte lluvia y granizo, el día siguiente se cubrieron los tubérculos en forma manual con una pequeña capa de suelo y dos días después con maquinaria. En la localidad Sierra de Arteaga se sembró el 10 de mayo del mismo año, en suelo seco se abrieron con maquinaria los surcos para la siembra, se realizó el mismo procedimiento que en la localidad Navidad, se cubrieron los tubérculos con maquinaria e inmediatamente después se aplicó el riego.

### Parcela Experimental

La parcela experimental fue de 19.32 m<sup>2</sup> formada por 4 surcos a 92 cm de distancia y 5.25 m de largo. La parcela útil de 9.66 m<sup>2</sup> formada por los dos surcos centrales. Entre repeticiones se dejó una calle de 1.25 m. La superficie total del experimento fue de 972.44 m<sup>2</sup>.

### Diseño experimental

La distribución de los tratamientos en el campo se hizo utilizando el diseño experimental bloques al azar con seis repeticiones.

El modelo que describe el diseño es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$i$  =  $i$ -ésimo nivel de tratamientos.

$J$  =  $j$ -ésimo nivel de repeticiones.

$\mu$  = Media general.

$\tau$  = Efecto de los tratamientos de fertilización ( $i$ )

$\beta$  = Efecto del bloque ( $j$ )

$\varepsilon$  = Error experimental para cada observación ( $i,j$ ).

### **Aplicación de los fertilizantes**

Al momento de la siembra y en los tratamientos correspondientes a los líquidos ácidos, se aplicó primero el sulfato de potasio en el fondo del surco y posteriormente cada uno de los ácidos, en los correspondientes a fertilizantes sólidos se aplicaron por separado cada uno de ellos en el fondo del surco. En la localidad Navidad (UAAAN), la aplicación correspondiente a la primera escarda se realizó a los 42 días después de siembra, abriendo con azadón en el fondo del surco y a un lado de la raíz, se hizo la aplicación de cada uno de los fertilizantes y se cubrieron con suelo, la aplicación correspondiente a la segunda escarda se realizó a los 54 días después de la siembra en la misma forma que en la anterior pero en la parte opuesta del surco. En la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP) las aplicaciones se hicieron a los 30 y 49 días después de la siembra.

### **Control de Malezas**

En la localidad de Navidad N.L. (UAAAN) el control de malezas se realizó con las dos escardas y deshierbes manuales, en Sierra de Arteaga (INIFAP), se aplicó el herbicida Metribuzin en una dosis de 200 g/ha y se complementó con las escardas y deshierbes manuales.

## Riegos

Por lo general se aplicaron ocho horas de riego por aspersión cada ocho días durante el período de demanda de agua por el cultivo.

## Control de Plagas y Enfermedades

En la localidad de Navidad (UAAAN), las plagas , principalmente mosquita de la papa se controló con tres aplicaciones del insecticida Metamidofos, para prevenir y controlar el tizón temprano (*Alternaria solani*) se hicieron diez aplicaciones de fungicida Mancozeb y una de Fosetil -Aluminio, para el tizón tardío (*Phitoptora infestans*) siete aplicaciones de Mancozeb, dos de Metalaxil y dos de Fosetil -Aluminio.

En la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP), las plagas, principalmente mosquita de la papa se controló con tres aplicaciones del insecticida Metamidofos y una de Cipermetrina. Para prevenir y controlar el tizón tardío se hicieron siete aplicaciones de Mancozeb, dos de Metalaxil y dos de fosetil-Aluminio.

## Muestreos de Suelo

Tres meses antes de la siembra, se tomó una muestra compuesta en suelo seco, en zigzag de la superficie total del experimento a la profundidad de 0-30 cm en las dos

localidades, las muestras se conservaron en costales plásticos y a la sombra a temperatura ambiente, se molieron con mazo de madera y se tamizaron a 2 mm.

Durante la floración, a los 65 y 71 días después de la siembra, en las localidades Sierra de Arteaga (INIFAP) y Navidad (UAAAN) respectivamente, se tomaron muestras de suelo con barrena de caja en cada parcela experimental en el lugar donde se aplicó fertilizante, es decir en el fondo y a ambos lados del surco, se mezcló el suelo de las tres partes muestreadas, se colocaron en bolsas de plástico y se secaron a la sombra, posteriormente se molieron y tamizaron a 2 mm y se conservaron en el laboratorio en las bolsas de plástico a temperatura ambiente.

### **Muestreos de planta para análisis foliar**

Se realizaron dos muestreos para análisis foliar, en Navidad (UAAAN) el primero fue a los 72 días después de siembra y el segundo antes del desvare (120 días), en Arteaga (INIFAP), se realizaron a los 66 días después de la siembra y antes del desvare (120 días).

En el primer muestreo se tomó un foliolo de cada planta en los dos surcos laterales en cada parcela experimental, se lavaron con agua de la llave, agua con 0.1 por ciento de jabón libre de fósforo, posteriormente se pasaron por agua de la llave, agua destilada, HCl al 0.1 por ciento y 3 veces más por agua destilada, se secaron en estufa a

65 °C durante 48 horas, se molieron con mortero y se pasó la muestra por un cedazo plástico para obtener material finamente molido para el análisis foliar.

En el segundo muestreo se seleccionó una planta completa en cada parcela experimental, se pesaron aproximadamente 300 g de tubérculos y cantidad suficiente de tallos y hojas para tener aproximadamente 10 g de material vegetal seco. Los tubérculos se lavaron con abundante agua de la llave, posteriormente se partieron en rebanadas delgadas y se secaron en estufa a 65°C durante 48 horas, se molieron y se pasaron por cedazo plástico, los tallos y hojas se lavaron de la misma manera que los folíolos del muestreo anterior. Todas las muestras se conservaron tapadas en recipientes de plástico negros hasta que se realizaron los análisis.

### **Cosecha**

A los 120 días después de la siembra se midió con vernier plástico el diámetro de tres tallos tomados al azar en cada parcela experimental, se midió la altura de las plantas colocando una regla graduada en la parte alta del surco, se contó el número de plantas cosechadas, se desvaró en forma manual y se registró el peso fresco de plantas por parcela útil, también se tomó peso fresco y seco a la estufa durante 48 horas a 65 °C de 10 plantas completas, se cosechó a los 140 días utilizando maquinaria para desenterrar los tubérculos, se tomó el peso de tubérculos en las categorías de primera, segunda, tercera y los de cuarta junto con los clasificados como monos.

### Incubación de suelo

En forma complementaria al trabajo en campo, en el laboratorio se incubó el suelo de las dos localidades durante 52 días a capacidad de campo y 30°C de temperatura.

Se aplicó al suelo de las dos localidades la dosis 200-450-200 en dos tratamientos con cuatro repeticiones con los mismos fertilizantes que en el trabajo de campo, la dosis corresponde a una aplicación de 136.36 partes por millón (ppm) de fósforo, también se incluyó un testigo absoluto, los tratamientos se presentan en el Cuadro 3.4.

Cuadro 3.4 Tratamientos en suelo incubado de las dos localidades. 1995.

Tratamiento	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
1	Urea	Superfosfato triple	Sulfato de potasio
2	26-0-06S	5-30-0-5S	Sulfato de potasio
3	TESTIGO ABSOLUTO		

Para llevar a cabo este trabajo, en Abril de 1995 se tomó suficiente suelo seco en el lugar donde se establecieron los experimentos en las dos localidades a una profundidad de 0-30 cm., se molió con mazo de madera y se tamizó a 2 mm., se pesaron 800 g de suelo y se les añadió la cantidad de fertilizantes sólidos proporcional al peso de una hectárea a 30 cm de profundidad, se colocaron en una bolsa de plástico con

capacidad para un volumen dos veces el de suelo, se mezcló en forma manual durante tres minutos y posteriormente se colocó la mitad del suelo en un recipiente de plástico con capacidad de 1 litro, se midió el volumen de agua necesario para llevar el suelo a capacidad de campo, se agregó la mitad del volumen de agua a la mitad del suelo que ya se había depositado en el recipiente plástico, posteriormente se colocó el suelo y agua restante, se cubrió la parte superior del envase con papel plastipac y se colocaron en la incubadora a 30°C, cada 8 días se reponía el agua que perdía el suelo para mantenerlo a capacidad de campo.

Para los tratamientos con fertilizantes líquidos ácidos, primero se mezcló el sulfato de potasio con el suelo, se agregaron los volúmenes correspondientes de fertilizantes ácidos a la cantidad de agua por aplicar para llevar el suelo a capacidad de campo y se procedió de la misma manera que con los sólidos. El pH del agua con los fertilizantes ácidos que se agregó al suelo de la localidad Sierra de Arteaga fue 2.23 y para Navidad 2.14.

Del suelo restante se tomó una muestra para conocer los valores iniciales de las determinaciones programadas, las siguientes muestras se tomaron a los 3, 7, 14, 28, 42 y 56 días de incubación, para extraerlas se introducía una espátula en forma vertical hasta el fondo del recipiente en puntos opuestos en cada muestreo, el suelo se extendía sobre hojas de papel para que se secase a temperatura ambiente del laboratorio durante 24 horas, posteriormente se molía y tamizaba a 2 mm y se conservaba en sobres de papel manila hasta que se realizaban las determinaciones.

### **Variables analizadas en el trabajo de campo**

Altura de Planta.

Diámetro de Tallos.

Producción de tubérculos.

Fósforo asimilable (P ) durante la etapa de floración.

pH del suelo durante la etapa de floración del cultivo.

Por ciento de carbonatos totales (% CO<sub>3</sub>) durante la etapa de floración del cultivo.

Fósforo total en peciolos durante la etapa de floración.

Fósforo total en hojas tallos y tubérculos al final del ciclo

### **Variables analizadas en incubación de suelo**

Partes por millón de fósforo asimilable (ppm P )

Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.) en meq/100 g de suelo

pH del suelo (pH)

Por ciento de materia orgánica. (% M.O.)

Por ciento de carbonatos totales. (% CO<sub>3</sub>)

### Análisis Estadísticos

El análisis estadístico de las variables en estudio se realizaron con los paquetes SAS y UANL. En los análisis de rendimiento total de tubérculos se utilizó como covariable el número de plantas, se analizaron en forma individual los resultados obtenidos en cada una de las localidades y posteriormente en forma conjunta, en este último análisis se utilizaron contrastes ortogonales (tratamientos fertilizados contra el testigo y los de fertilizantes líquidos ácidos contra los sólidos).

En los datos para las variables de fósforo asimilable, pH del suelo y por ciento de carbonatos totales en la etapa de floración (65 días en Arteaga y 71 días en Navidad) se utilizó el modelo de bloques al azar con submuestreo. Los datos que se obtuvieron en la incubación de suelo se analizaron como parcelas divididas.

Se utilizó la prueba de Tukey para la prueba de medias cuando en los tratamientos las diferencias resultaron significativas. Los datos de fósforo en planta que se reportan por el laboratorio en por ciento, se les hizo la transformación a arco seno raíz cuadrada del porcentaje como lo indica Reyes (1980), pero las medias se presentan en sus valores originales, para los datos restantes se hizo la suposición de normalidad. Sobre esto, Mendez (1976) menciona que en un sentido estricto, la distribución normal de errores casi nunca se tiene, pero en muchísimos casos se poseen distribuciones cercanas a normal, lo que produce efectos insignificantes sobre las estimaciones y pruebas de hipótesis.

También menciona que se ha demostrado que las fallas en la normalidad de errores producen disturbios pequeños en las inferencias sobre medias, es decir, si teóricamente para generar la distribución F se necesita la normalidad de las variables involucradas, en la práctica se obtienen muy buenas aproximaciones a la distribución F, a pesar de que las variables involucradas no tengan distribución normal, esto es, la distribución F es robusta (insensitiva) contra la no normalidad (Scheefé, 1959).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### Trabajo de Campo

#### Análisis de suelos en las dos localidades

Los resultados de los análisis de suelo donde se estableció el experimento en El Campo Experimental Sierra de Arteaga (INIFAP) se muestran en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1. Resultados de los análisis de suelo en el Campo Experimental Sierra de Arteaga. (INIFAP).

Determinación	Método	Resultado	Interpretación
pH del suelo (2:1)	Potenciómetro	7.80	Ligeramente alcalino
C.E.	Puente de Wheatstone	0.50	No salino
% de materia orgánica	Walkley-Black	2.24	Mediano
% Nitrógeno total	Kjeldahl	0.1617	Mediano
Fósforo asimilable (kg/ha)	Olsen modificado	39.0	Mediano
% de Carbonatos totales	NaOH 1N	30.2	Mediano
C.I.C. meq/100 g se suelo	Acetato de amonio	41.37	
Textura	Triángulo de Texturas		Arcillo-Limoso
% de arena	Hidrómetro	14.1	
% de limo	de	44.3	
% de arcilla	Bouyoucos	41.6	
Pw CC	Ollas de Presión	31.18	
Pw PMP	Ollas de Presión	17.49	
Densidad aparente g/cc	probeta	1.1	

Los valores de pH del suelo, por ciento de materia orgánica, por ciento de nitrógeno total, fósforo asimilable, carbonatos totales, por ciento de arcilla, y Pw PMP son inferiores a los rangos de variación de 12 sitios de muestreo de Arteaga, Coahuila, donde se siembra papa, reportados por Macias (1987), los valores de C.E. y Pw CC quedan dentro del rango, y por ciento de arena y por ciento de limo son superiores al rango de variación.

Los resultados de los análisis de suelo donde se estableció el experimento en El Campo Experimental Navidad (UAAAN) se muestran en el Cuadro 4.2.

Cuadro 4.2. Resultados de los análisis de suelo en el Campo Experimental Navidad (UAAAN).

Determinación	Método	Resultado	Interpretación
pH del suelo (2:1)	Potenciómetro	7.90	Ligeramente alcalino
C.E.	Puente de Wheatstone	3.20	No salino
% de materia orgánica	Walkley-Black	1.97	Medio
% Nitrógeno total	Kjeldahl	0.1764	Mediano
Fósforo asimilable (kg/ha)	Olsen modificado	33.0	Mediano
Carbonatos totales	NaOH 1N	67.05	Muy alto
C.I.C. meq/100 g se suelo	Acetato de amonio	22.02	
Textura	Triángulo de Texturas		Arena migajosa
% de arena	Hidrómetro	82	
% de limo	de	10	
% de arcilla	Bouyoucos	8	
Pw CC	Ollas de Presión	24.96	
Pw PMP	Ollas de Presión	13.7	
Densidad Aparente g/cc	Probeta	1.1	

Los valores de por ciento de materia orgánica, por ciento de nitrógeno total, fósforo asimilable, por ciento de limo, por ciento de arcilla, Pw CC, y Pw PMP son inferiores a los rangos de variación de 12 sitios de muestreos en la región de Navidad, en

el cultivo de papa, reportados por Macias (1987), el por ciento de carbonatos totales queda dentro del rango, los valores de pH del suelo, C.E. y por ciento de arena son superiores al rango de variación.

### Altura de Planta

El análisis de varianza para altura de plantas en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP) se presenta en el Cuadro A.1, (Los Cuadros con la letra A se presentan en el apéndice), las diferencias entre tratamientos son no significativas, entre bloques son altamente significativas. En el Cuadro 4.3, de medias de tratamientos se observa que la altura de planta estuvo comprendida entre 76.3 cm en el tratamiento cuatro y 87.0 cm en el seis.

Cuadro 4.3 Medias por tratamientos de altura de planta en cm en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V. 1994.

Tratamiento	Media
1	0.8
2	79.5
3	82.5
4	76.3
5	81.0
6	87.0
7	77.3

En la localidad Navidad (UAAAN) no se tomaron los datos de altura de planta debido a que el cultivo fue defoliado completamente por efecto del tizón temprano

(*Alternaria solani*) en esta última etapa del cultivo y no se apreciaba con claridad la altura de las plantas, sin embargo durante el ciclo vegetativo del cultivo se observó una altura de plantas casi uniforme entre tratamientos y repeticiones.

### **Diámetro de Tallos**

El análisis de varianza de diámetro de tallos en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP) se presenta en el Cuadro A.2, para tratamientos, bloques y muestras las diferencias son no significativas. En el Cuadro 4.4, las medias de los tratamientos están comprendidos entre 1.03 cm del tratamiento testigo y 1.13 cm de los tratamientos 5 y 6. Aunque estadísticamente las diferencias son no significativas, se observa una tendencia a ser más delgados los tallos en las plantas que no se fertilizaron.

**Cuadro 4.4 Medias por tratamientos de diámetro de tallos en cm en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V. 1994.**

Tratamiento	Media
1	1.11
2	1.087
3	1.09
4	1.07
5	1.13
6	1.13
7	1.03

En la localidad Navidad (UAAAN) no se tomaron los datos de diámetro de tallo por la misma razón expuesta anteriormente.

### pH del Suelo.

Con los datos de pH del muestreo que se realizó a los 65 días después de siembra en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP), se elaboró el análisis de varianza que se reporta en el Cuadro A.3, para tratamientos y bloques las diferencias son no significativas. La media de los tratamientos se presentan en el Cuadro 4.5, los valores están entre 7.36 del tratamiento testigo y 7.83 del tratamiento cuatro.

Cuadro 4.5 Medias por tratamientos de pH del suelo a 65 días después de siembra en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V. 1994.

Tratamiento	Media
1	7.66
2	7.63
3	7.68
4	7.83
5	7.78
6	7.51
7	7.36

Aunque estadísticamente las medias de los tratamientos son iguales, de acuerdo a los términos usuales para describir los intervalos de pH en el suelo (Thompson y Troeh 1980), el tratamiento testigo se interpreta como muy ligeramente alcalino y los tratamientos fertilizados como ligeramente alcalino.

Los datos de pH en el muestreo que se realizó a los 71 días después de la siembra en la localidad Navidad (UAAAN) se reportan mediante el análisis de varianza

del Cuadro A.4, las diferencias son no significativas para tratamientos y bloques. La media de los tratamientos se presentan en el Cuadro 4.6, los valores se ubican entre 7.40 del tratamiento testigo y 7.66 del tratamiento cuatro.

Los tratamientos dos y cuatro se interpretan como ligeramente alcalino y el resto como muy ligeramente alcalino. Dimas (1994) también reporta que no encontró diferencias significativas en pH del suelo, entre sus tratamientos utilizó los mismos fertilizantes líquidos ácidos y sólidos que en el presente trabajo.

Cuadro 4.6 Medias por tratamientos de pH del suelo a los 71 días después de siembra en la localidad Navidad (UAAAN). Ciclo P-V. 1994.

Tratamiento	Media
1	7.43
2	7.61
3	7.40
4	7.66
5	7.50
6	7.26
7	7.40

El análisis de varianza en conjunto se muestra en el Cuadro A.5, no hubo interacción de tratamientos por localidad, esto indica que los fertilizantes líquidos ácidos y los sólidos tienen un comportamiento similar en ambas localidades a pesar del contenido diferente en carbonatos.

La prueba de medias (cuadro 4.7) indica que los tratamientos son iguales según la prueba de Tukey.

Cuadro 4.7 Prueba de medias del análisis conjunto de pH del suelo.

Tratamiento	Media	TUKEY
1	7.55	a
2	7.62	a
3	7.54	a
4	7.75	a
5	7.64	a
6	7.39	a
7	7.38	a

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

### **Fósforo Asimilable**

El análisis de varianza de fósforo asimilable en kg/ha a los 65 días después de la siembra en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP) se presenta en el Cuadro A.6, el coeficiente de variación es de 56.76 por ciento, las diferencias entre tratamientos son significativas, entre bloques son no significativas, son altamente significativas entre muestras. La prueba de medias (cuadro 4.8) muestra que los tratamientos son iguales, los valores van desde 35.5 en el tratamiento testigo hasta 74.0 en el tratamiento seis.

Cuadro 4.8 Medias por tratamientos de fósforo asimilable en kg/ha a los 65 días después de siembra en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V. 1994

Tratamiento	Media	Tukey
1	48.25	a
2	50.00	a
3	54.66	a
4	38.83	a
5	57.50	a
6	74.00	a
7	35.50	a

De fósforo asimilable en kg/ha a los 71 días después de siembra en la localidad Navidad (UAAAN) se presenta el análisis de varianza en el Cuadro A.7, el coeficiente de variación es de 68.60 por ciento, las diferencias son no significativas para tratamientos y para bloques, son altamente significativas para muestras. Las medias de los tratamientos que se presentan en el Cuadro 4.9 van de 40.5 en el tratamiento seis hasta 64.083 en el tratamiento tres. En las dos localidades la variación estadística excede los límites que la experiencia de muchos investigadores ha fijado entre 0 a 20% (Reyes, 1980). Es posible que esta situación se presentó por una combinación de las causas siguientes: baja movilidad del fósforo (Tisdale y Nelson, 1970 y Aldrich y Leng, 1974), movimiento del suelo durante las escardas y falta de mayor precisión en muestreo del sitio exacto donde se depositó el fertilizante.

Cuadro 4.9 Medias por tratamientos de fósforo asimilable en kg/ha a 71 días después de siembra en la localidad Navidad (UAAAN). Ciclo P-V. 1994

Tratamiento	Media
1	58.166
2	56.750
3	64.083
4	46.416
5	60.250
6	40.500
7	46.250

#### Por Ciento de Carbonatos Totales.

El análisis de varianza de por ciento de carbonatos totales a los 65 días después de siembra en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP) se presenta en el Cuadro A.8, las diferencias son no significativas para tratamientos y bloques, son altamente significativas para muestras. Las medias de los tratamientos que se presentan en el Cuadro 4.10, van de 24.98 en el tratamiento dos hasta 28.97 en el cinco.

El Cuadro A.9, presenta el análisis de varianza de por ciento de carbonatos totales a los 71 días después de siembra en la localidad Navidad (UAAAN), para tratamientos las diferencias son no significativas, para bloques y muestras son altamente significativas.

La media de los tratamientos se presentan en el Cuadro 4.11, se observa que los valores están comprendidos entre 60.81 en el tratamiento cuatro hasta 63.95 en el tratamiento testigo.

Dimas (1994) también reporta que no encontró diferencias significativas en carbonatos totales, entre sus tratamientos utilizó los mismos fertilizantes líquidos ácidos y sólidos que los usados en este trabajo.

El alto contenido de carbonatos puede ser una de las causas por la que el cultivo presentó clorosis en esta localidad. Enriquez (1987) menciona que considerando a la fertilidad del suelo, es conveniente conocer el contenido de carbonatos, ya que altos contenidos de los mismos pueden inducir deficiencias de fósforo, zinc, fierro y/o manganeso en los cultivos.

Cuadro 4.10 Medias por tratamientos de por ciento de carbonatos totales a los 65 días después de siembra en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V. 1994.

Tratamiento	Media
1	27.65
2	24.98
3	27.23
4	27.91
5	28.97
6	26.93
7	25.40

## Fósforo en planta

En el Cuadro A.10, se presenta el análisis de varianza de por ciento de fósforo en folíolos a los 62 días en la localidad Arteaga (INIFAP), las diferencias entre tratamientos y entre repeticiones son altamente significativas.

En el Cuadro 4.12, se presenta la prueba de medias, los tratamientos correspondientes a los fertilizantes sólidos son superiores a los líquidos ácidos, el testigo es inferior a los fertilizados.

De acuerdo a Walworth y Muniz (1993) el por ciento de fósforo en los tratamientos con fertilizantes sólidos (1, 2 y 3), se ubica en el nivel suficiente; con los líquidos ácidos el tratamiento tres se ubica en el nivel suficiente y los tratamientos uno y dos en el nivel bajo; el testigo se ubica en el nivel bajo.

Cuadro 4.11 Medias por tratamientos de por ciento de carbonatos totales a los 71 días después de siembra en la localidad Navidad (UAAAN). Ciclo P-V. 1994.

Tratamiento	Media
1	62.50
2	62.12
3	63.70
4	60.81
5	62.63
6	61.98
7	63.95

Cuadro 4.12 Prueba de medias de por ciento de fósforo en foliolos a los 62 días después de siembra en la localidad Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V. 1994.

Tratamiento	Media	Tukey
4	0.33	a
5	0.33	a
6	0.32	a
3	0.31	ab
1	0.27	bc
2	0.27	bc
7	0.25	c

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

En el Cuadro A.11, se presenta el análisis de varianza de por ciento de fósforo en foliolos a los 62 días en la localidad Navidad (UAAAN), las diferencias entre tratamientos son altamente significativas, y no significativas entre repeticiones. La prueba de medias (Cuadro 4.13) muestra que los tratamientos uno al cinco son los más altos, el tratamiento testigo es el más bajo y diferente a los demás.

De acuerdo a Walworth y Muniz (1993) todos los tratamientos se ubican en el nivel suficiente.

Cuadro 4.13 Prueba de medias de por ciento de fósforo en foliolos a los 62 días después de siembra en la localidad Navidad (UAAAN). Ciclo P-V. 1994.

Tratamiento	Media	Tukey
1	0.40	a
2	0.40	a
3	0.40	a
4	0.39	a
5	0.39	a
6	0.36	ab
7	0.33	b

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

En el Cuadro A.12, se presenta el análisis de varianza de por ciento de fósforo en hojas a los 120 días en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP), las diferencias entre tratamientos son altamente significativas, entre repeticiones las diferencias no son significativas. En el Cuadro 4.14, se presenta la prueba de medias, el tratamiento dos es el más alto y diferente a los demás, los tratamientos cinco, seis y siete son las más bajas y diferentes a los demás. Estos porcentajes son muy inferiores a los que Walworth y Muniz (1993) presentan en el nivel bajo.

Cuadro 4.14 Prueba de medias de por ciento de fósforo en hojas a los 120 días después de siembra en la localidad Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V. 1994.

Tratamiento	Media	Tukey
2	0.084	a
4	0.062	ab
3	0.051	ab
1	0.043	ab
6	0.036	b
7	0.031	b
5	0.031	b

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

En el Cuadro A.13, se presenta el análisis de varianza de por ciento de fósforo en tallos a los 120 días en la localidad Arteaga (INIFAP), las diferencias entre tratamientos son significativas, entre repeticiones no son significativas.

La prueba de medias se presenta en el Cuadro 4.15, el tratamiento tres es el más alto y diferente a los demás, el tratamiento cuatro es el más bajo y diferente a los demás.

Los niveles de fósforo en tallos no los reportan Walworth y Muniz (1993) sin embargo, los porcentajes que se obtuvieron en el presente trabajo son muy inferiores a los niveles deficientes en otras partes de la planta de papa que presentan los autores antes mencionados.

Cuadro 4.15 Prueba de medias de por ciento de fósforo en tallos a los 120 días después de siembra en la localidad Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V. 1994.

Tratamiento	Media	Tukey
3	0.067	a
6	0.057	ab
2	0.044	ab
1	0.039	ab
5	0.033	ab
7	0.033	ab
4	0.029	b

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

En el Cuadro A. 14, se presenta el análisis de varianza de por ciento de fósforo en tubérculos a los 120 días en la localidad Arteaga (INIFAP), las diferencias entre tratamientos son altamente significativas, entre repeticiones no son significativas. En el Cuadro 4.16, se presenta la prueba de medias, el testigo es el más alto y diferente a los demás. El porcentaje de fósforo en el testigo es ligeramente menor al nivel de suficiencia de acuerdo a lo que presentan Walworth y Muniz (1993), en el resto de los tratamientos los porcentajes son muy inferiores al mismo nivel.

Cuadro 4.16 Prueba de medias de por ciento de fósforo en tubérculos a los 120 días después de siembra en la localidad Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V. 1994.

Tratamiento	Media	Tukey
7	0.115	a
3	0.067	ab
1	0.054	b
2	0.045	b
4	0.048	b
6	0.038	b
5	0.031	b

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

En el Cuadro A.15, se presenta el análisis de varianza de por ciento de fósforo en hojas a los 120 días en la localidad Navidad (UAAAN), las diferencias entre tratamientos y entre repeticiones no son significativas.

En el Cuadro 4.17, se presentan las medias por tratamientos, los porcentajes de fósforo se ubican entre 0.043 en el segundo tratamiento y 0.087 en el sexto.

Estos porcentajes son muy inferiores a los que Walworth y Muniz (1993) presentan en el nivel bajo.

Cuadro 4.17 Medias por tratamientos de por ciento de fósforo en hojas a los 120 días después de siembra en la localidad Navidad (UAAAN). Ciclo P-V. 1994.

Tratamiento	Media
1	0.054
2	0.043
3	0.075
4	0.061
5	0.082
6	0.087
7	0.086

En el Cuadro A.16, se presenta el análisis de varianza de por ciento de fósforo en tallos a los 120 días en la localidad Navidad (UAAAN), las diferencias entre tratamientos no son significativas. En el Cuadro 4.18, se presentan las medias por tratamiento, los porcentajes se ubican entre 0.024 en el tratamiento dos y 0.079 en el seis.

Los niveles de fósforo en tallos no los reportan Walworth y Muniz (1993) sin embargo, los porcentajes que se obtuvieron en el presente trabajo son muy inferiores a los niveles deficientes en otras partes de la planta de papa que presentan los autores antes mencionados.

En el Cuadro A.17, se presenta el análisis de varianza de por ciento de fósforo en tubérculos a los 120 días en la localidad Navidad (UAAAN), las diferencias entre tratamientos no son significativas. En el Cuadro 4.19, se presentan las medias por tratamiento, los porcentajes de fósforo se ubican entre 0.053 de los tratamientos uno y tres, y 0.11 en el testigo.

Los porcentajes de fósforo en los tratamientos seis y testigo son ligeramente menores al nivel de suficiencia de acuerdo a lo que presentan Walworth y Muniz (1993), en el resto de los tratamientos los porcentajes son muy inferiores al mismo nivel.

Cuadro 4.18 Medias por tratamientos de por ciento de fósforo en tallos a los 120 días después de siembra en la localidad Navidad (UAAAN). Ciclo P-V. 1994.

Tratamiento	Media
1	0.042
2	0.024
3	0.062
4	0.041
5	0.058
6	0.079
7	0.071

Cuadro 4.19 Medias por tratamientos de por ciento de fósforo en tubérculos a los 120 días después de siembra en la localidad Navidad (UAAAN). Ciclo P-V. 1994.

Tratamiento	Media
1	0.053
2	0.084
3	0.053
4	0.091
5	0.075
6	0.101
7	0.11

### **Peso fresco de plantas**

En el cuadro A.18, se presenta el análisis de varianza para peso fresco de plantas en kilogramos por parcela útil a los 120 días en la localidad Arteaga (INIFAP), las diferencias entre tratamientos son altamente significativas, no son significativas entre repeticiones. En el cuadro 4.20, se presenta la prueba de medias, los tratamientos superiores son el tres, seis y cinco, el mas bajo es el testigo.

Cuadro 4.20 Prueba de medias de peso fresco de plantas en kg/parcela útil a los 120 días después de siembra en la localidad Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V. 1994.

Tratamiento	Media	Tukey
3	21.391	a
6	20.600	a
5	20.341	a
1	17.533	ab
2	16.600	ab
4	16.041	ab
7	12.116	b

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

### Eficiencia de absorción de fósforo

Debido a que en las dos localidades, el porcentaje de fósforo en las partes de planta analizadas son inferiores a los datos que se tomaron como referencia (cuadro 4.29) y a que algunos tratamientos fertilizados tienen menor porcentaje de fósforo que el testigo, se decidió, después de hacer los cálculos de contenido de fósforo en plantas fertilizadas (kg/ha) para cada tratamiento en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP), tomar el valor mas alto en los tratamientos fertilizados para utilizarlo en la siguiente ecuación de eficiencia de absorción de fósforo (Requejo, 1993).

$$E = [(X - Y)/Z] 100$$

Donde:

E = Eficiencia de absorción de fósforo.

X = Contenido de fósforo en planta fertilizada (kg/ha)

Y = Contenido de fósforo en planta no fertilizada (kg/ha)

Z = Dosis de fósforo aplicada (kg/ha)

Sustituyendo los valores que se obtuvieron, se tiene:

$$E = [(10.15 - 11.83)/450] 100$$

$$E = - 0.37 \%$$

Para la localidad Navidad (UAAAN) no se presenta esta información porque no se tuvieron datos de peso de planta, sin embargo, como también se observa que algunos tratamientos tienen un porcentaje de fósforo menor al testigo, es de suponerse que tampoco se alcanzaría a medir el aprovechamiento del fósforo aplicado.

En forma general se puede decir que considerando las dos etapas de muestreo, hubo una disminución en el nivel de fósforo superior a la que mencionan Walworth y Muniz (1993).

Lo anterior indica que en este estudio, no se detectó un incremento de fósforo en el suelo con la aplicación de los fertilizantes en estudio, en una forma medible a través de la eficiencia de absorción por el cultivo de papa.

## **Rendimiento**

En el cuadro A.19, está el análisis de varianza para rendimiento total en kilogramos por parcela útil en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP), la covariable fue

significativa, es decir, el número de plantas cosechadas influyó en el rendimiento, las diferencias son no significativas para tratamientos y bloques. El cuadro 4.21, de medias ajustadas por covarianza en cada tratamiento indica que los rendimientos que se obtuvieron fueron de 28.952 en el tratamiento testigo hasta 36.984 en el tratamiento cinco.

Cuadro 4.21 Medias ajustadas por covarianza por tratamiento de rendimiento total en kg/parcela útil en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V. 1994.

Tratamiento	Media Ajustada
1	33.974
2	31.820
3	34.694
4	33.139
5	36.096
6	32.984
7	28.952

En el cuadro A.20, se presenta el análisis de varianza de rendimiento total en kilogramos por parcela útil en la localidad Navidad (UAAAN), el coeficiente de variación fue de 34.39 por ciento, la covariable tuvo efecto no significativo, es decir, el número de plantas cosechadas no influyó en el rendimiento, en tratamientos y bloques las diferencias son no significativas. En el cuadro 4.22, las medias ajustadas por covarianza muestra que los rendimientos variaron desde 9.944 en el tratamiento testigo hasta 13.816 en el tratamiento uno.

Cuadro 4.22 Medias ajustadas por covarianza por tratamiento de rendimiento total en kg/parcela útil en la localidad Navidad (UAAAN). Ciclo P-V. 1994

Tratamiento	Media Ajustada
1	13.816
2	12.470
3	12.698
4	12.365
5	12.677
6	11.181
7	9.944

El contenido mediano de materia orgánica en las dos localidades puede ser una de las causas por las que no se encontró diferencias entre tratamientos, Tamhane *et al* (1978) menciona que la materia orgánica sirve como un depósito de elementos químicos que son esenciales para el desarrollo de las plantas. Cuando las condiciones ambientales son favorables para el crecimiento rápido de la planta, las mismas condiciones favorecen una rápida entrega de nutrimentos de la materia orgánica.

El análisis de varianza conjunto de rendimiento total en las dos localidades se presenta en el cuadro A.21, la covariable fue altamente significativa, las diferencias son no significativas para repeticiones dentro de localidades, las diferencias entre localidades son altamente significativas, no hubo diferencias significativas entre tratamientos pero las comparaciones con contrastes ortogonales indican diferencias significativas entre los tratamientos fertilizados y el testigo, no indica diferencias significativas entre los fertilizantes líquidos ácidos y los sólidos, la interacción tratamiento por localidad no fue significativa, esto indica que los tratamientos tienen un comportamiento similar en ambas

localidades a pesar del contenido diferente en carbonatos, en el cuadro 4.23, los valores de las medias ajustadas son de 19.405 en el testigo hasta 24.185 en el tratamiento cinco.

**Cuadro 4.23** Medias ajustadas por covarianza de rendimiento total en kg/parcela útil en el análisis conjunto. Ciclo P-V. 1994.

Tratamiento	Media Ajustada
1	24.058
2	22.074
3	23.743
4	22.821
5	24.185
6	22.119
7	19.405

En el cuadro A.22, se presenta el peso de tubérculos por categorías en kilogramos por parcela útil, la media por categorías en cada tratamiento y el porcentaje con respecto a la producción total en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP).

Del cuadro 4.24, donde se reportan los porcentajes medios por categorías se obtiene la siguiente información: los fertilizantes ácidos con respecto a los sólidos produjeron 1.89 por ciento más de tubérculos de primera categoría, 1.68 por ciento más de segunda categoría, 2.96 por ciento menos de tercera categoría y 0.6 por ciento menos de la cuarta categoría.

Cuadro 4.24 Medias de porcentajes por categorías en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP).

Categoría	Acidos	Sólidos	Testigo
1	41.90	40.01	29.14
2	39.64	37.96	41.01
3	9.54	12.50	17.13
4	8.92	9.52	12.72

En el cuadro A.23, se presenta el peso de tubérculos por categorías en kilogramos por parcela útil, la media por categorías en cada tratamiento y el porcentaje con respecto a la producción total en la localidad Navidad (UAAAN). Del cuadro 4.25, donde se reportan los porcentajes medios por categorías se obtiene la siguiente información: los fertilizantes ácidos con respecto a los sólidos produjeron 0.32 por ciento menos tubérculos de primera categoría, 1.16 por ciento más de segunda categoría, 2.41 por ciento más de tercera categoría y 3.26 por ciento menos de la cuarta categoría.

Cuadro 4.25 Medias de porcentajes de tubérculos por categorías en la localidad Navidad(UAAAN).

Categoría	Acidos	Sólidos	Testigo
1	15.85	16.17	10.42
2	33.67	32.51	36.62
3	31.99	29.58	31.95
4	18.47	21.73	21.01

### Análisis económico

Para el análisis económico se consideró la siguiente información:

Rendimiento comercial por tratamiento en ton/ha de primera, segunda y tercera.

Precio por kilogramo de papa N\$2.10

Costo de producción N\$ 23,204.00

Costo por tonelada de fertilizante

Urea N\$ 760.00

SFT. N\$ 800.00

SP N\$1 169.00

26-0-0-6S N\$590.00

5-30-0-5S N\$980.00

Costo de fertilización con sólidos N\$ 1 577.04

Costo de fertilización con líquidos ácidos N\$ 2 217.65

El análisis económico de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP) y Navidad (UAAAN) se presentan en los cuadros 4.26, y 4.27, respectivamente.

Cuadro 4.26 Análisis económico de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V. 1994.

Trata- miento.	Rendi- miento (ton/ha)	Beneficio bruto (N\$/ha)	Costo de Producción (N\$/ha)	Beneficio Total (N\$/ha)	Costo por fertilizar (N\$/ha)	Beneficio Neto
1	39.179	82 276	23 204	59 072	2 217.65	56 854.35
2	35.935	75 464	23 204	52 260	2 217.65	50 042.35
3	39.622	83 206	23 204	60 002	2 217.65	57 784.35
4	37.414	78 569	23 204	55 365	1 577.04	53 787.96
5	41.818	87 818	23 204	64 614	1 577.04	63 036.96
6	36.397	76 434	23 204	53 230	1 577.04	51 652.96
7	31.431	66 005	23 204	42 801	-----	42 801.00

7:

De acuerdo al análisis económico con el tratamiento cinco que corresponde a fraccionamiento a un medio de la dosis de fertilización con fertilizantes sólidos, se obtiene el máximo beneficio neto en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP).

Para la localidad Navidad (UAAAN), con el tratamiento uno, que corresponde a la dosis y fraccionamiento recomendado con fertilizantes líquidos ácidos, se obtuvo el mayor beneficio neto, sin fertilizar y fraccionando la dosis a un tercio con fertilizantes sólidos, se reporta que no hay beneficio neto.

Cuadro 4.27 Análisis económico de la localidad Navidad (UAAAN). Ciclo P-V. 1994.

Tratamiento.	Rendimiento (ton/ha)	Beneficio bruto (N\$/ha)	Costo de Producción (N\$/ha)	Beneficio Total (N\$/ha)	Costo por fertilizar (N\$/ha)	Beneficio Neto
1	14.983	31 464	23 204	8 260	2 217.65	6 042
2	13.751	28 877	23 204	5 673	2 217.65	3 455
3	13.573	28 503	23 204	5 299	2 217.65	3 081
4	13.278	27 883	23 204	4 679	1 577.04	3 102
5	13.757	28 889	23 204	5 685	1 577.04	4 108
6	10.499	22 047	23 204	-1 156	1 577.04	-2 733
7	10.120	21 252	23 204	-1 952	-----	-1 952

### Incubación de suelo

En el cuadro 4.28, se presentan los valores de las determinaciones antes de iniciar la incubación de suelo de las dos localidades.

En el cuadro 4.29, se presenta el resumen de los resultados de las determinaciones durante el período de incubación.

Cuadro 4.28 Valores de las determinaciones antes de iniciar la incubación de suelo de las dos localidades.

DETERMINACION	LOCALIDAD	
	ARTEAGA (INIFAP)	NAVIDAD (UAAAN)
Fósforo Asimilable (ppm)	53.0	65.0
pH	7.73	7.52
% Carbonatos totales	35.98	65.74
% de Materia orgánica	3.23	2.34
C.I.C. meq/100 g	35.98	12.96

Cuadro 4.29 Resumen de medias de tratamientos en cada determinación durante el periodo de incubación de suelo de ambas localidades.

		Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Fósforo Asimilable	Arteaga	93.15 a	106.30 a	66.26 b
	Navidad	119.70 a	119.96 a	92.76 a
pH	Arteaga	7.83 b	7.82 b	7.93 a
	Navidad	7.75 b	7.77 b	7.84 a
% Carbonatos	Arteaga	28.81 a	28.76 a	28.58 a
	Navidad	65.96 a	65.47 a	65.98 a
% Materia Orgánica	Arteaga	3.22 a	3.17 a	3.14 a
	Navidad	2.06 a	2.07 a	2.07 a
C.I.C.	Arteaga	43.34 a	43.75 a	42.77 a
	Navidad	13.08 b	14.68 b	18.74 a

### Fósforo Asimilable

Con los valores que se obtuvieron de ppm de fósforo asimilable en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP) se elaboró el análisis de varianza que se presenta en el cuadro A.24, indica que las diferencias entre tratamientos y entre muestreos son altamente significativas, son no significativas para repeticiones e interacción.

La prueba de medias (Cuadro 4.30) muestra que los tratamientos 1 y 2 con valores de 93.158 y 106.308 respectivamente son estadísticamente iguales pero superiores al tratamiento testigo que tiene un valor de 66.267.

Cuadro 4.30 Prueba de medias de tratamientos de ppm de fósforo asimilable en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). 1995.

Tratamiento	Media	Tukey
2	106.308	a
1	93.158	a
3	66.267	b

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

La prueba de medias para muestreos (Cuadro 4.31) indica que el valor 125.183 que se obtuvo a los 42 días de incubación es el más alto y diferente a los valores que se obtuvieron en el resto de los muestreos, los valores mas bajos y diferentes al resto son 65.483 y 65.850, corresponden a los muestreos realizados a los tres y siete días de incubación.

Cuadro 4.31 Prueba de medias de muestreos de ppm de fósforo asimilable en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). 1995.

Día de muestreo	Media	Tukey
42	125.183	a
56	98.700	b
14	89.767	b
28	86.483	bc
3	65.850	c
7	65.483	c

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

En el Cuadro 4.32, se muestran las medias en ppm de fósforo asimilable por tratamiento y diferencia de los fertilizados con el testigo, en los días de incubación que se realizaron los muestreos.

El incremento que se presentó en el testigo, se atribuye a las condiciones de incubación, el máximo incremento se alcanzó a los 42 días y descendió a los 56, en todos los muestreos, la media del testigo fue la mas baja y la de los fertilizantes sólidos menor que la de los líquidos ácidos.

Las diferencias entre los tratamientos fertilizados y el testigo muestran que con los fertilizantes sólidos el incremento máximo de 45 ppm que representa el 33,99 por ciento de la cantidad que se aplicó (132.36 ppm), corresponde a los tres días de incubación, también en esta fecha con los líquidos ácidos se presentó el incremento máximo de 65.4 ppm que representa el 49.41 por ciento de lo que se aplicó. La representación gráfica de estos resultados se muestran en la Figura 4.1.

Cuadro 4.32 Media en ppm de fósforo asimilable por tratamientos y diferencias con el testigo en seis muestreos en suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). 1995.

Días de Incubación	Sólidos	Diferencia	Acidos	Diferencia	Testigo
3	74.05	+ 45.00	94.45	+ 65.40	29.05
7	62.00	+ 19.20	91.65	+ 48.85	42.80
14	100.90	+ 36.45	103.95	+ 39.50	64.45
28	83.15	+ 4.50	97.65	+ 19.00	78.65
42	131.80	+ 27.70	139.65	+ 35.55	104.10
56	107.05	+ 28.50	110.50	+ 31.95	78.55

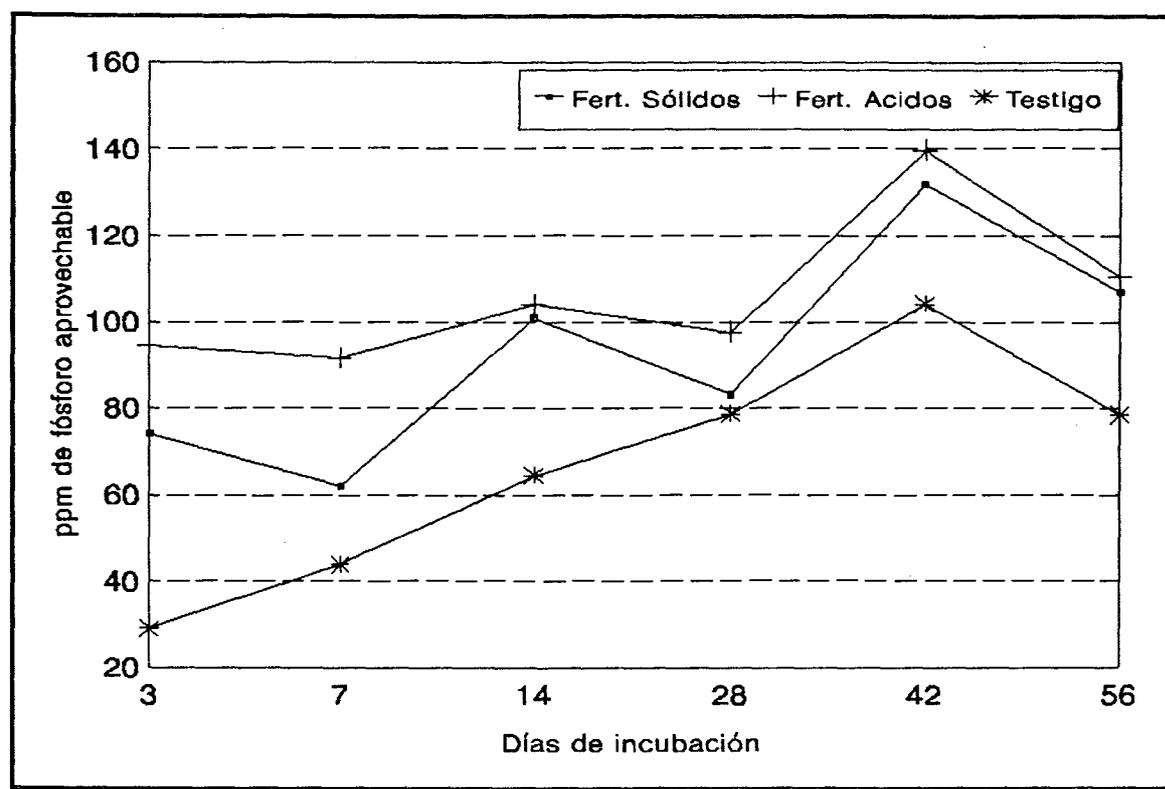


Figura 4.1 Fósforo aprovechable en tratamientos durante el periodo de incubación. Arteaga, Coah. 1995

El análisis de varianza de ppm de fósforo asimilable en el suelo incubado de la localidad Navidad (UAAAN) se reporta en el Cuadro A.25, indica que las diferencias entre tratamientos y entre muestreos son altamente significativas, no son significativas para repeticiones, la interacción es altamente significativa.

La prueba de medias de tratamientos (Cuadro 4.33) muestra que los tratamientos 1 y 2 con valores de 119.7 y 119.96 respectivamente son estadísticamente iguales pero superiores al tratamiento testigo que tiene un valor de 92.767.

Cuadro 4.33 Prueba de medias de ppm de fósforo aprovechable en el suelo incubado de la localidad Navidad (UAAAN). 1995.

Tratamiento	Media	Tukey
2	119.967	a
1	119.700	a
3	92.767	b

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

La prueba de medias para muestreo (Cuadro 4.34) indica que los valores que se obtuvieron a los 42 y 28 días 144.366 y 134.383 respectivamente, son los mas altos y diferentes al resto, a los siete días se obtuvo el valor mas bajo, fue de 70.166 y es diferente al resto.

Cuadro 4.34 Prueba de medias para muestreos, ppm de fósforo aprovechable en el suelo incubado de la localidad Navidad (UAAAN). 1995.

Día de Muestreo	Media	Tukey
42	144.366	a
28	134.383	a
56	121.333	ab
14	102.150	bc
3	92.466	cd
7	70.166	d

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

También en promedio se tiene una mayor cantidad de fósforo asimilable a los 42 días y la menor a los siete días como sucedió en el suelo de Sierra de Arteaga (INIFAP). Debido a que la interacción fue altamente significativa, significa que los niveles de tratamientos dependen de los días de incubación, por lo tanto se hizo la partición de la

suma de cuadrados (Cuadro A.26) para tratamientos dentro de cada fecha de muestreo, las diferencias entre tratamientos son significativas a los 14 y 28 días.

En el Cuadro 4.35, se muestran las medias en ppm de fósforo asimilable por tratamiento y diferencias de los fertilizados con el testigo en los días de incubación que se realizaron los muestreos.

Cuadro 4.35 Media en ppm de fósforo asimilable por tratamientos y diferencias con el testigo en seis muestreos en suelo incubado de la localidad Navidad (UAAAN). 1995.

Días de Incubación	Sólidos	Diferencia	Acidos	Diferencia	Testigo
3	117.05	+ 48.55	91.85	+ 23.35	68.50
7	77.50	+ 11.75	67.25	+ 1.50	65.75
14	68.35	- 30.20	139.55	+ 41.00	98.55
28	163.00	+ 69.50	146.65	+ 53.15	93.50
42	153.60	+ 22.15	148.05	+ 16.60	131.45
56	138.70	+ 39.85	126.45	+ 27.60	98.85

Aunque el incremento en el testigo no fue en la misma forma que en la anterior localidad, también se considera que por efecto de las condiciones de incubación el máximo incremento fue a los 42 días y descendió a los 56, a los 14 días de incubación la media de los fertilizantes sólidos fue menor que la de los líquidos ácidos y que la del testigo, en el resto de los muestreos la media del testigo fue la más baja y la de los líquidos ácidos menor que la de los sólidos.

Las diferencias entre los tratamientos fertilizados y el testigo muestran que a los 28 días de incubación está el máximo incremento tanto en los sólidos como en los

líquidos ácidos, en los primeros fue de 69.5, representa el 52.5 por ciento de lo que se aplicó (132.36 ppm), y con los segundos fue de 53.15, representa el 40.15 por ciento. La representación gráfica de estos resultados se muestran en la Figura 4.2.

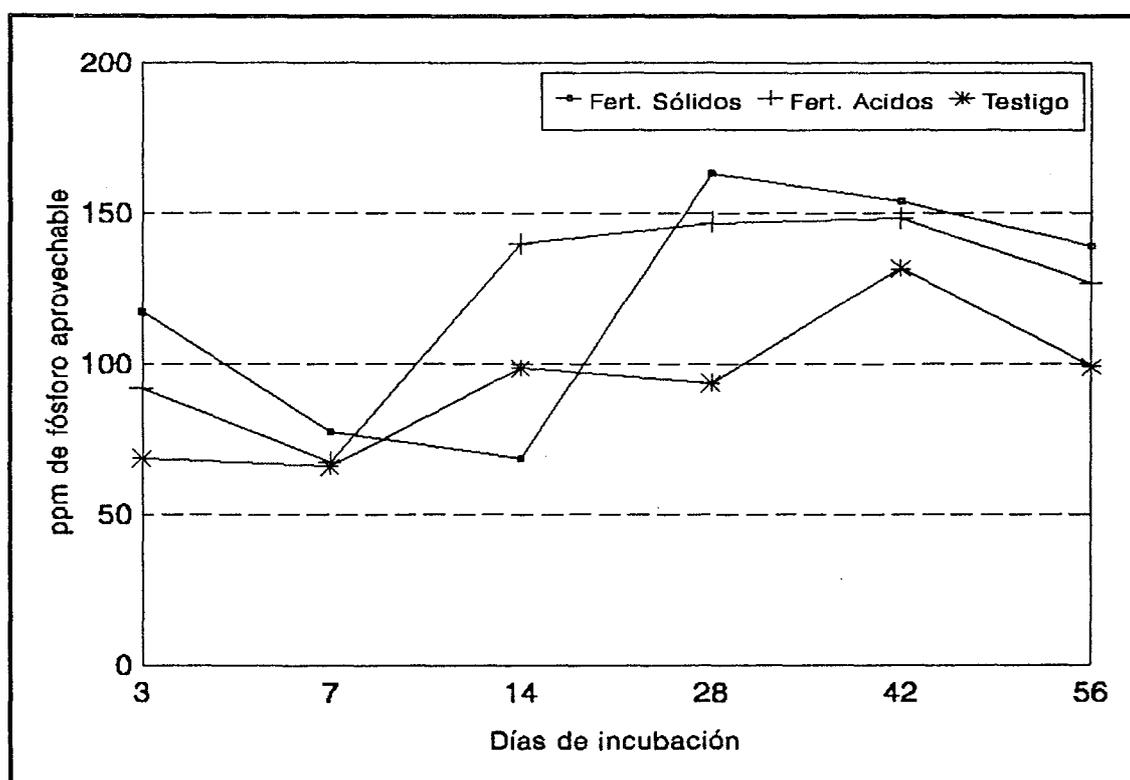


Figura 4.2 Fósforo aprovechable en tratamientos durante el periodo de incubación. Navidad, N. L. 1995.

En el trabajo que reporta Hurtado (1995) también se presentó aumento en el contenido de fósforo asimilable en el tratamiento de testigo absoluto, durante el período de incubación.

## pH del suelo

En el Cuadro A.27, se reporta el análisis de varianza que se obtuvo con los valores del pH del suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP), indica que las diferencias entre tratamientos son significativas, no son significativas para repeticiones, altamente significativas para muestreos y la interacción no es significativa. La prueba de medias (Cuadro 4.36) muestra que el tratamiento testigo con un valor de 7.93 es superior y diferente a los tratamientos uno y dos con valores de 7.83 y 7.82 respectivamente.

Cuadro 4.36 Prueba de medias de pH del suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). 1995.

Tratamiento	Media	Tukey
3	7.93	a
1	7.83	b
2	7.82	b

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

La prueba de medias para muestreos (Cuadro 4.37) indica que el valor 7.68 a los tres días es el más bajo y diferente a las medias de los restantes muestreos, los valores 8.03 y 7.98 que se obtuvieron a los siete y 28 días respectivamente son los más altos y diferentes a los demás.

Cuadro 4.37 Prueba de medias para muestreos, pH del suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). 1995.

Día de muestro	Media	Tukey
7	8.03	a
28	7.98	a
42	7.92	ab
14	7.81	bc
56	7.73	cd
3	7.68	d

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

En el Cuadro 4.38, se presentan las medias de pH de tratamientos y diferencia de los fertilizados con el testigo en cada muestreo en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP), muestra una variación en el pH a través del tiempo de incubación en cada tratamiento, en todos los casos el pH de los tratamientos con fertilizante es menor que el testigo, con los sólidos la mayor disminución en pH fue de 0.21 a los 14 días de incubación, con los líquidos ácidos fue de 0.17 a los siete días de incubación. La representación gráfica de estos resultados se muestra en la Figura 4.3.

Cuadro 4.38 Media de pH por tratamientos y diferencias con el testigo en cada muestreo en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). 1995.

Días de Incubación	Sólidos	Diferencia	Acidos	Diferencia	Testigo
3	7.62	-0.13	7.68	-0.07	7.75
7	8.06	-0.05	7.94	-0.17	8.11
14	7.70	-0.21	7.83	-0.08	7.91
28	7.98	-0.06	7.93	-0.11	8.04
42	7.90	-0.09	7.88	-0.11	7.99
56	7.71	-0.11	7.68	-0.14	7.82

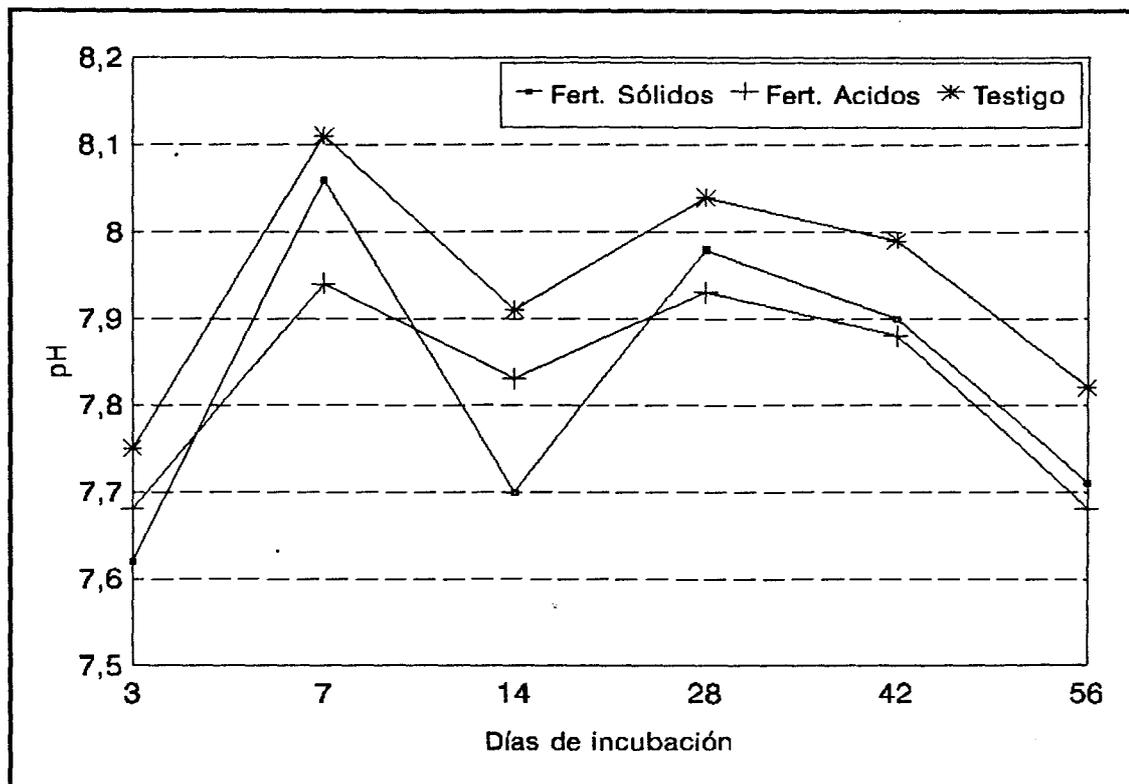


Figura 4.3 pH en tratamientos durante el periodo de incubación. Arteaga, Coah. 1995

En el Cuadro A.28, se reporta el análisis de varianza elaborado con los valores que se obtuvieron del pH del suelo incubado de la localidad Navidad (UAAAN), indicando que fueron altamente significativas las diferencias entre los tratamientos, repeticiones muestrales, la interacción es altamente significativa.

La prueba de medias (Cuadro 4.39) muestra que el tratamiento testigo con un valor de 7.84 es estadísticamente superior y diferente a los tratamientos uno y dos con valores de 7.75 y 7.77 respectivamente.

Cuadro 4.39 Prueba de medias de pH del suelo incubado de la localidad Navidad (UAAAN). 1995.

Tratamiento	Media	Tukey
3	7.84	a
2	7.77	b
1	7.75	b

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

En la prueba de medias para muestreos del Cuadro 4.40, el valor 7.48 que se obtuvo a los tres días de incubación, es el mas bajo y diferente al resto de los muestreos, el valor 8.00 a los siete días es el mas alto y diferentes a los demás.

Cuadro 4.40 Prueba de medias para muestreos, pH del suelo incubado de la localidad Navidad (UAAAN). 1995.

Día de Muestreo	Media	Tukey
7	8.00	a
28	7.90	b
42	7.89	b
14	7.78	c
56	7.69	d
3	7.48	e

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

En el Cuadro A.29, se muestra la partición de la suma de cuadrados para estudiar la interacción tratamientos por días de incubación, únicamente a los tres días las diferencias entre tratamientos son no significativas, en el resto son altamente significativas.

En el Cuadro 4.41, se observa variación en el pH a través del tiempo de incubación en cada tratamiento. También en esta localidad en todos los casos el pH de los tratamientos con fertilizantes es menor que el testigo, con los sólidos la mayor disminución en pH fue de 0.11 a los 65 días de incubación y con los líquidos ácidos fue de 0.08 a los siete días.

Cuadro 4.41 Media de pH por tratamientos y diferencias con el testigo en cada muestreo en el suelo incubado de la localidad Navidad (UAAAN). 1995.

Días de Incubación	Sólidos	Diferencia	Acidos	Diferencia	Testigo
3	7.48	-0.02	7.47	-0.03	7.50
7	7.97	-0.1	7.99	-0.08	8.07
14	7.75	-0.09	7.77	-0.07	7.84
28	7.87	-0.09	7.89	-0.07	7.96
42	7.85	-0.1	7.88	-0.07	7.95
56	7.65	-0.11	7.69	-0.07	7.76

Tamhane *et al.* (1978) menciona que la materia orgánica ayuda a compensar los suelos contra cambios químicos rápidos en el pH, a causa de la agregación de sal y fertilizantes.

La representación gráfica de estos resultados se muestran en la Figura 4.4.

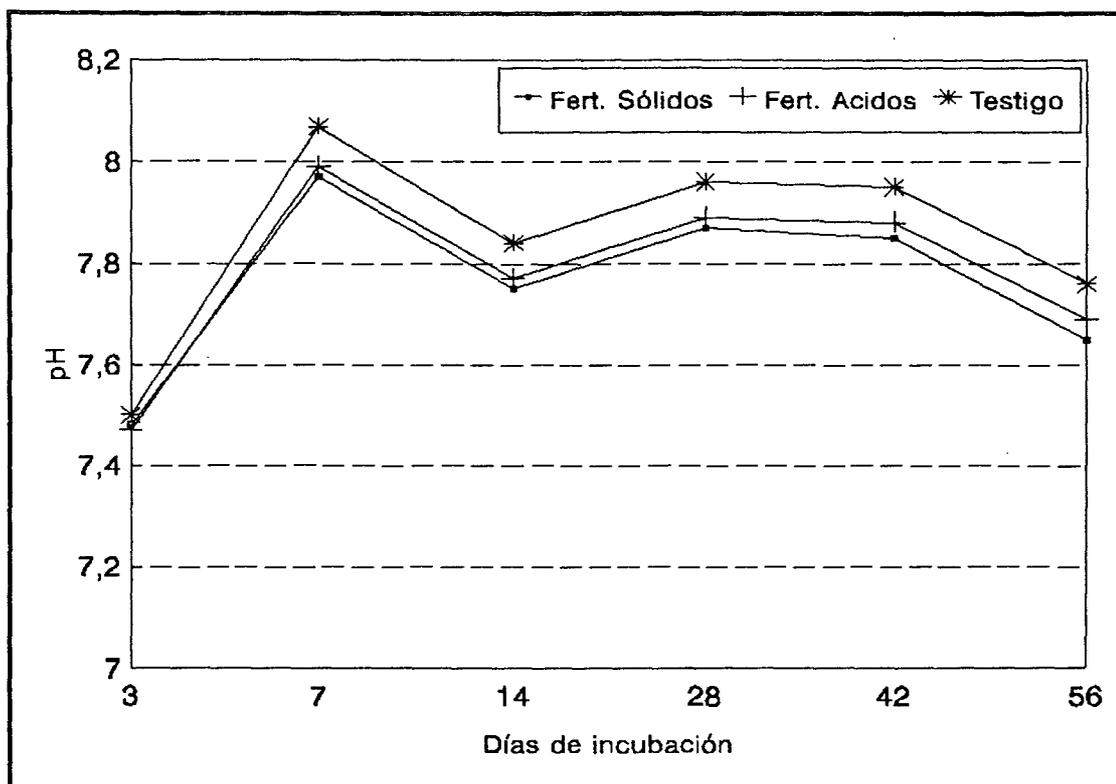


Figura 4.4 pH en tres tratamientos durante el periodo de incubación. Navidad, N.L. 199

#### Por Ciento de Carbonatos Totales

El análisis de varianza de por ciento de carbonatos totales en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP), se presenta en el Cuadro A.30, las diferencias entre tratamientos no son significativas, son significativas entre repeticiones, y altamente significativas entre muestreos, la interacción no es significativa. La prueba de medias de los tratamientos (Cuadro 4.42) fue muy similar, los valores son 28.81, 28.76 y 28.58 para los tratamientos uno, dos y tres respectivamente.

Cuadro 4.42 Prueba de medias de por ciento de carbonatos totales en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). 1995.

Tratamiento	Media	Tukey
1	28.81	a
2	28.76	a
3	28.58	a

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

El Cuadro 4.43, de prueba de medias para muestreos indica que el valor 30.34 corresponde al muestreo que se realizó a los tres días, fue el más alto y diferente al resto, el valor 26.04 se obtuvo a los siete días, es el mas bajo y diferente al resto.

Cuadro 4.43 Prueba de medias para muestreos, por ciento de carbonatos totales en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). 1995.

Día de Muestreo	Media	Tukey
3	30.34	a
42	29.44	b
14	29.03	bc
56	28.75	c
28	28.70	c
7	26.04	d

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

En el Cuadro 4.44, se presentan las medias por tratamientos en cada muestreo, la gráfica de estos resultados se muestran en la Figura 4.5.

Cuadro 4.44 Media de por ciento de carbonatos por tratamientos en cada muestreo en e suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). 1995.

Día de Muestreo	Fertilizantes Sólidos	Fertilizantes Líquidos Ácidos	Testigo
3	30.10	30.59	30.34
7	26.05	26.29	25.80
14	29.12	29.11	28.87
28	28.99	28.63	28.50
42	29.73	29.24	29.36
56	28.87	28.75	28.63

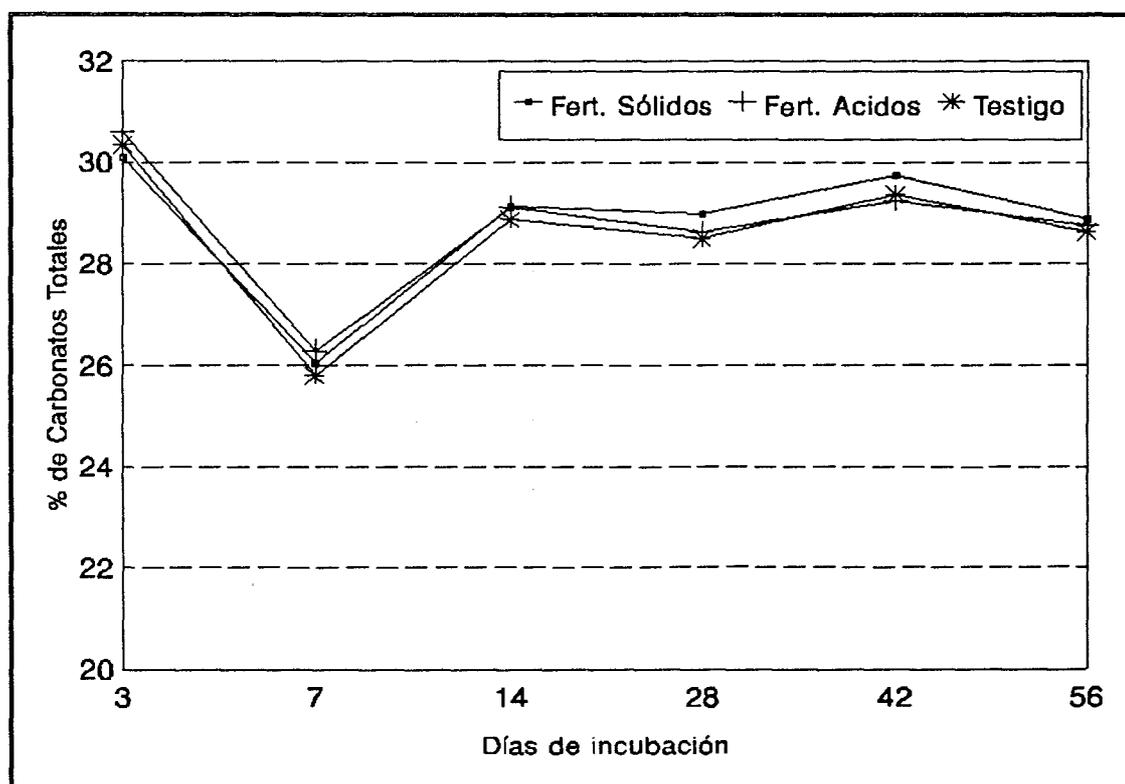


Figura 4.5 Por ciento de carbonatos en tratamientos durante el periodo de incubación. Arteaga, Coah. 1995.

En el Cuadro A.31, se reporta el análisis de varianza de por ciento de carbonatos totales en el suelo incubado de la localidad Navidad (UAAAN), las diferencias

entre tratamientos y entre repeticiones son no significativas, son altamente significativas entre muestreos la interacción no es significativa. Las medias de tratamientos (Cuadro 4.45) fueron muy parecidas, los valores 65.96, 65.47 y 65.98 corresponden a los tratamientos uno, dos y tres respectivamente.

Cuadro 4.45 Prueba de medias de por ciento de carbonatos totales en el suelo incubado de la localidad Navidad (UAAAN). 1995.

Tratamiento	Media	Tukey
3	65.98	a
1	65.96	a
2	65.47	a

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

El Cuadro 4.46, de medias por muestreo indica que el valor 67.30 que se obtuvo a los 28 días es el mas alto y diferente a los demás, los valores 64.97 y 65.01 se obtuvieron a los 14 y 56 días respectivamente, son los mas bajos y diferentes a los demás.

Cuadro 4.46 Prueba de medias para muestreos, por ciento de carbonatos totales en el suelo incubado de la localidad Navidad (UAAAN), 1995.

Día de Muestreo	Media	Tukey
28	67.30	a
3	66.32	ab
42	65.87	bc
7	65.42	bc
56	65.01	c
14	64.97	c

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

En el Cuadro 4.47, se presentan las medias por tratamientos en muestreo y la representación gráfica en la Figura 4.6.

Cuadro 4.47 Media de por ciento de carbonatos por tratamientos en cada muestreo en el suelo incubado de la localidad Navidad (UAAAN). 1995.

Día de Muestreo	Fertilizantes Sólidos	Fertilizantes Líquidos Ácidos	Testigo
3	65.83	66.07	67.05
7	65.58	65.34	65.34
14	65.34	64.60	64.97
28	67.67	66.93	67.30
42	66.19	65.34	66.07
56	65.21	64.60	65.21

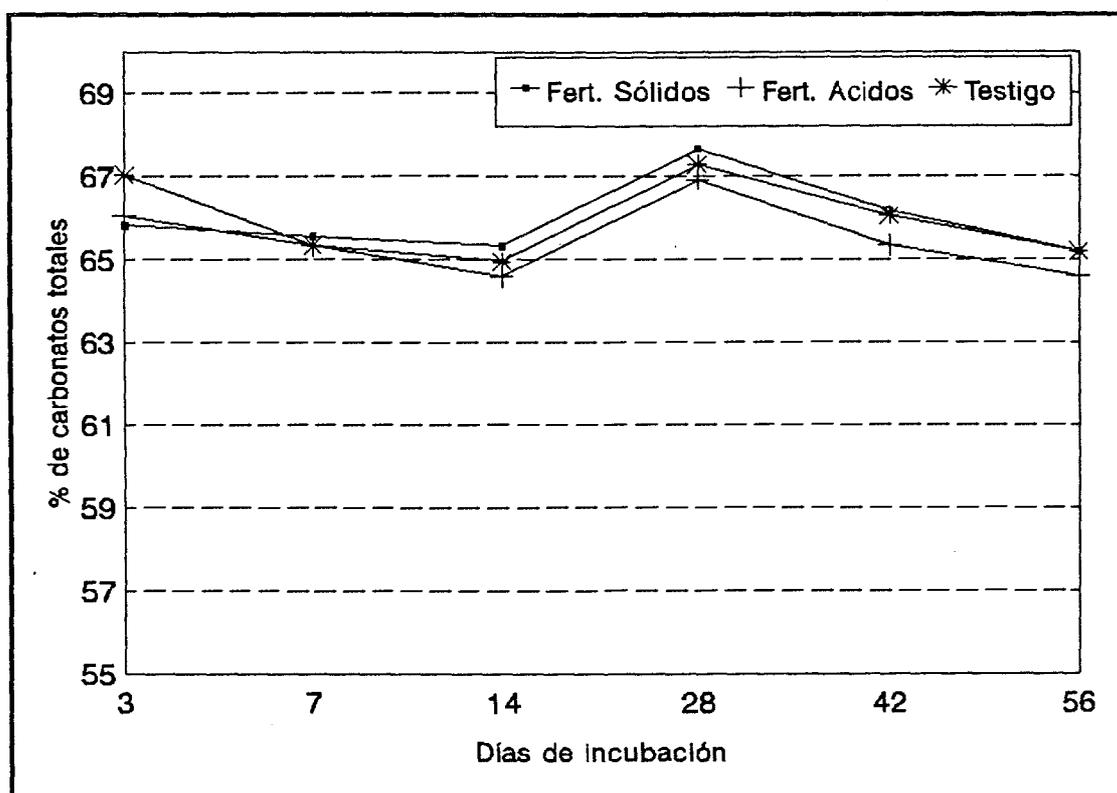


Figura 4.6 Por ciento de carbonatos en tratamientos durante el periodo de incubación. Navidad, N.L. 1995.

### Por Ciento de Materia Orgánica

En el Cuadro A.32, se presenta el análisis de varianza de por ciento de materia orgánica en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP), las diferencias entre tratamientos y repeticiones son no significativas, son significativas entre muestreos y la interacción también es significativa.

En el Cuadro 4.48, de medias de tratamientos los valores para el uno dos y tres fueron 3.22, 3.17 y 3.14 respectivamente.

Cuadro 4.48 Prueba de medias de por ciento de materia orgánica en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). 1995.

Tratamiento	Media	Tukey
1	3.22	a
2	3.17	a
3	3.14	a

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

En el Cuadro 4.49, de medias por muestreo se observa una disminución en el por ciento de materia orgánica con el aumento en los días de incubación, el valor 3.37 corresponde al muestreo que se realizó a los 3 días, fue el más alto y diferente al resto, el valor 3.04 se obtuvo a los 56 días, es el más bajo y diferente al resto.

Cuadro 4.49 Prueba de medias para muestreos, por ciento de materia orgánica en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). 1995.

Muestreo	Media	Tukey
3	3.37	a
7	3.22	ab
14	3.17	ab
28	3.14	ab
42	3.13	ab
56	3.04	b

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

En el Cuadro A.33, se presenta la partición de la suma de cuadrados para estudiar la interacción tratamientos por días de incubación, a los 28 días la diferencia es significativa.

En el Cuadro 4.50, se presentan las medias de por ciento de materia orgánica por tratamiento en cada muestreo, todos los valores quedan incluidos en la clase de contenido rico. La representación gráfica se presenta en la Figura 4.7.

Cuadro 4.50 Media de por ciento de materia orgánica por tratamientos en cada muestreo en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). 1995.

Día de Muestreo	Fertilizantes Sólidos	Fertilizantes Líquidos Acidos	Testigo
3	3.38	3.33	3.41
7	2.96	3.35	3.36
14	3.21	3.18	3.14
28	3.49	2.95	3.01
42	3.21	3.24	2.96
56	3.12	3.01	2.99

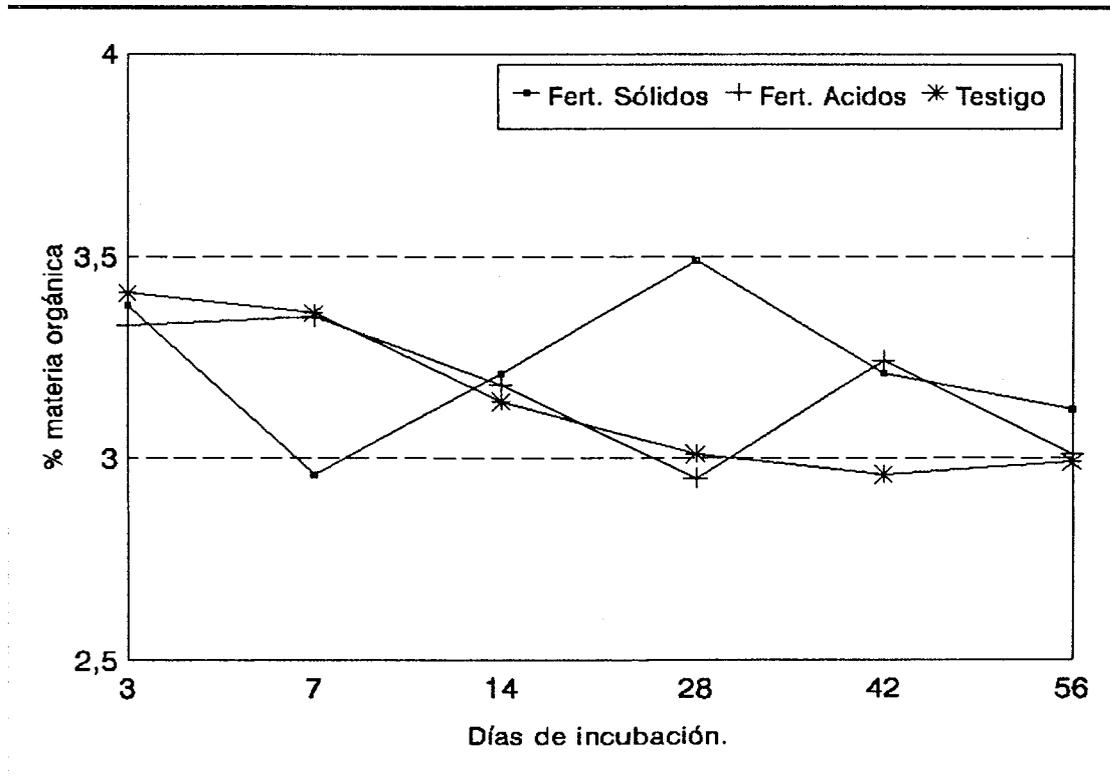


Figura 4.7 Por ciento de materia orgánica en tratamientos durante el periodo de incubación. Arteaga, Coah. 1995.

En el Cuadro A.34, se reporta el análisis de varianza de por ciento materia orgánica en el suelo incubado de la localidad Navidad (UAAAN), las diferencias entre tratamientos y repeticiones son no significativas, entre muestreos son significativas y la iteración es significativa.

Las medias de los tratamientos uno dos y tres son 2.065, 2.072 y 2.074 respectivamente, se presentan en el Cuadro 4.51, Las medias por muestreo (Cuadro 4.52) indican que el valor 2.16 corresponde al muestreo que se realizó a los 3 días, fue el más alto y diferente al resto, el valor 1.90 se obtuvo a los 56 días, es el mas bajo y diferente al resto.

Cuadro 4.51 Prueba de medias de por ciento de materia orgánica en el suelo incubado de la localidad Navidad (UAAAN). 1995.

Tratamiento	Media	Tukey
2	2.074	a
3	2.072	a
1	2.065	a

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

Cuadro 4.52 Prueba de medias para muestreos, por ciento de materia orgánica en el suelo incubado de la localidad Navidad (UAAAN). 1995.

Día de Muestreo	Media	Tukey
3	2.16	a
42	2.13	ab
28	2.11	ab
7	2.07	ab
14	2.03	ab
56	1.90	b

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

En el Cuadro A.35, se presenta la partición de la suma de cuadrados para estudiar la interacción tratamientos por días de incubación, en todos los casos las diferencias no son significativas. En el Cuadro 4.53, se presentan las medias por tratamiento en cada muestreo, todos los valores quedan incluidos en la clase de contenido mediano.

La gráfica de los resultados se presenta en la Figura 4.8.

Cuadro 4.53 Media de por ciento de materia orgánica por tratamientos en cada muestreo en el suelo incubado de la localidad Navidad (UAAAN), 1995.

Día de Muestreo	Fertilizantes Sólidos	Fertilizantes Líquidos Acidos	Testigo
3	2.00	2.19	2.30
7	2.27	1.97	1.99
14	1.81	2.18	2.11
28	2.20	2.08	2.06
42	2.16	2.11	2.11
56	1.95	1.92	1.84

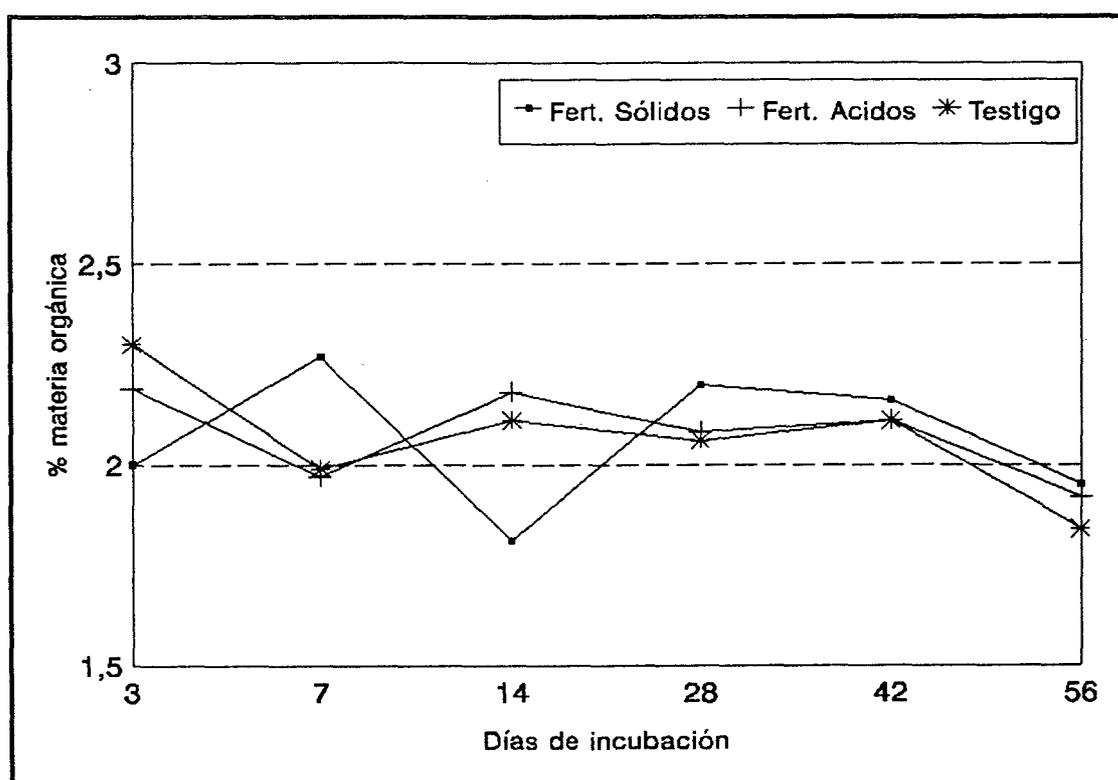


Figura 4.8 Por ciento de materia orgánica en tratamientos durante el periodo de incubación. Navidad, N.L. 1995.

### Capacidad de Intercambio Catiónico

El Cuadro A.36, corresponde al análisis de varianza de C.I.C. en meq/100 g de suelo de los datos del suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP), las diferencias entre tratamientos, repeticiones y muestreos son no significativas, la interacción es significativa.

Las medias de los tratamientos uno dos y tres son 43.34, 43.75 y 42.77 respectivamente, se reportan en el Cuadro 4.54, las medias por muestreo (Cuadro 4.55) indican que los valores se ubican entre 41.93 a los tres días y 44.53 a los 28 días.

Cuadro 4.54 Prueba de medias de C.I.C. en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). 1995.

Tratamiento	Media	Tukey
2	43.75	a
1	43.34	a
3	42.77	a

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

Cuadro 4.55 Prueba de medias para muestreos, C. I. C. en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). 1995.

Día de Muestreo	Media	Tukey
28	44.53	a
42	44.03	a
3	43.55	a
7	43.55	a
56	42.11	a
14	41.93	a

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

En el Cuadro A.37, se presenta la partición de la suma de cuadrados para estudiar la interacción tratamientos por días de incubación, en todos los casos las diferencias no son significativas.

En el Cuadro 4.56, se muestran las medias de los tratamientos en cada muestreo y la representación gráfica en la Figura 4.9.

Cuadro 4.56 Media de C.I.C. por tratamientos en cada muestreo en el suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). 1995.

Día de Muestreo	Fertilizantes Sólidos	Fertilizantes Líquidos Acidos	Testigo
3	42.53	46.05	42.10
7	40.83	45.83	44.02
14	40.39	40.39	45.03
28	43.87	44.87	44.87
42	45.62	44.49	41.99
56	43.40	40.89	42.06

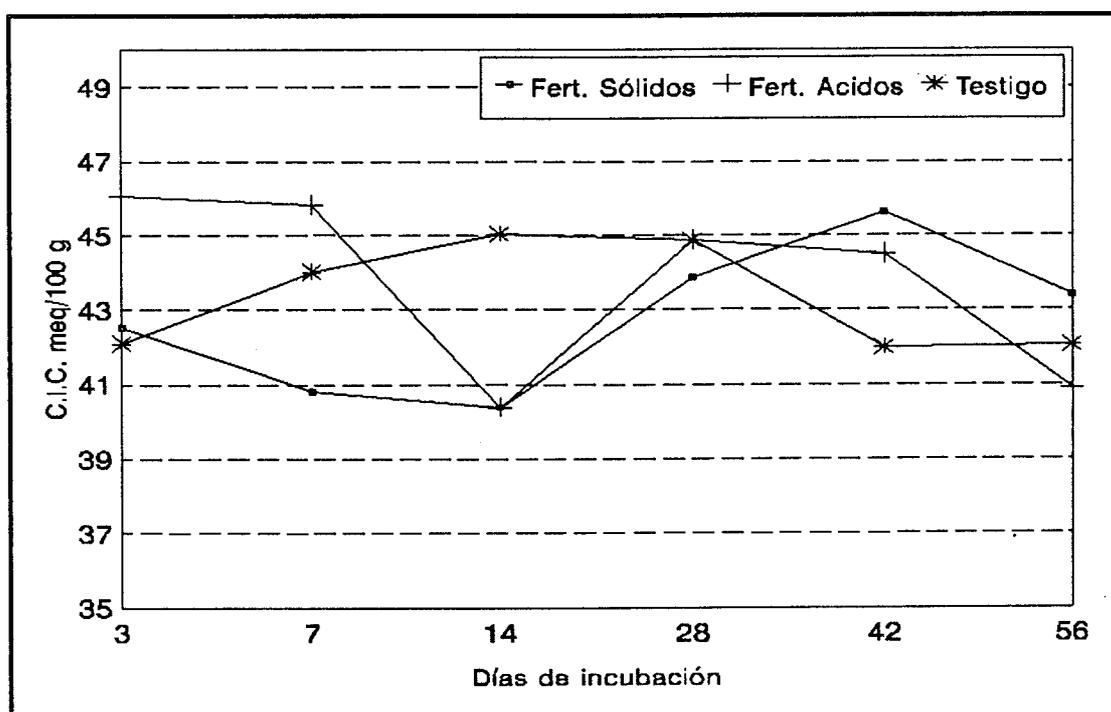


Figura 4.9 Capacidad de intercambio catiónico en tratamientos durante el periodo de incubación. Arteaga, Coah. 1995.

El Cuadro A.38, corresponde al análisis de varianza de C.I.C. en meq/100 g de suelo de la información que se obtuvo en el suelo incubado de la localidad Navidad (UAAAN), las diferencias entre tratamientos son altamente significativas, son no significativas entre repeticiones y muestreos, la interacción es significativa.

La media del tratamiento testigo es 18.74 es la mas alta y diferente a las medias de los tratamientos 2 y 1 con valores de 14.68 y 13.08 respectivamente, esta información se localiza en el Cuadro 4.57, Las medias por muestreo (Cuadro 4.58) indican que los valores se ubican entre 14.23 a los 28 días y 16.86 a los tres días.

Cuadro 4.57 Prueba de medias de C.I.C. en el suelo incubado de la localidad Navidad (UAAAN). 1995.

Tratamiento	Media	Tukey
3	18.74	a
2	14.68	b
1	13.08	b

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

Cuadro 4.58 Prueba de medias para muestreos, C. I. C. en el suelo incubado de la localidad Navidad (UAAAN). 1995.

Día de Muestreo	Media	Tukey
3	16.86	a
42	16.06	a
7	15.77	a
14	15.63	a
56	14.46	a
28	14.23	a

Nivel de significancia = 0.05

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

En el Cuadro A.39, se presenta la partición de la suma de cuadrados para estudiar la interacción tratamientos por días de incubación, a los tres días las diferencias entre tratamientos son significativas, a los siete y 14 son altamente significativas y en el resto son no significativas.

En el Cuadro 4.59, se presentan las medias por tratamiento en cada muestreo y la representación gráfica en la Figura 4.10.

Cuadro 4.59 Media de C.I.C. por tratamientos en cada muestreo en el suelo incubado de la localidad Navidad (UAAAN). 1995.

Día de Muestreo	Fertilizantes Sólidos	Fertilizantes Líquidos Acidos	Testigo
3	13.09	15.48	22.03
7	10.15	14.57	22.61
14	10.04	13.56	23.30
28	12.33	15.31	15.05
42	17.41	15.73	15.05
56	15.49	13.46	14.43

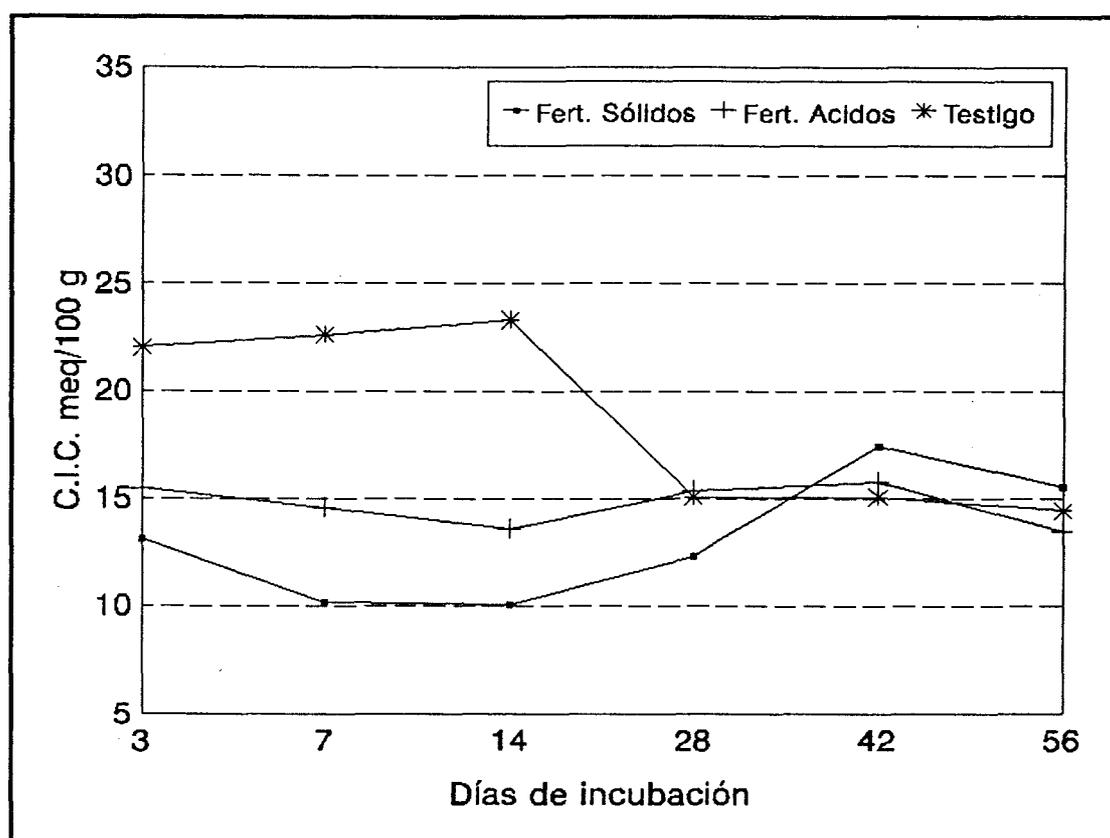


Figura 4.10 Capacidad de intercambio catiónico en tratamientos durante el periodo de incubación. Navidad, N.L. 1995.

El valor promedio de C.I.C. en el suelo de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP) (43.29 meq/100 g de suelo) es 2.79 veces mayor que en Navidad (UAAAN) (15.51 meq/100 g de suelo). Thamhane *et al.* (1978) menciona que en general, cuanto mas arcilla hay en un suelo, tanto mas elevada es la capacidad de intercambio catiónico. En la primera localidad el por ciento de arcilla es 41.6 y en la segunda es de ocho por ciento.

## V. CONCLUSIONES

De los resultados alcanzados en el presente estudio se establecen las conclusiones siguientes:

- 1.- Es necesario generar información adicional a la que se obtuvo para poder cumplir satisfactoriamente con el primer objetivo que se planteó.
- 2.- Se logró medir la eficiencia de absorción de fósforo en la localidad Sierra de Arteaga y estimarla en la localidad Navidad, por lo tanto se cumple con el segundo objetivo.
- 3.- Se cumple con el tercer objetivo al conocer el resultado del análisis económico donde se incluyen los fertilizantes líquidos ácidos.
- 4.- No se detectó liberación de fósforo con los productos que se estudiaron, por lo tanto se rechaza la primer hipótesis.
- 5.- Con la información de la eficiencia de absorción de fósforo por el cultivo de papa, se rechaza la segunda hipótesis.

## VI. RESUMEN

El estudio se realizó en 1994 durante el ciclo agrícola Primavera-Verano en los Campos Experimentales Sierra de Arteaga (INIFAP) y Navidad (UAAAN).

Los objetivos del presente trabajo son:

Analizar la dinámica de fósforo en dos suelos con contenidos contrastantes de carbonatos totales aplicando fertilizantes líquidos ácidos.

Medir la eficiencia de absorción de fósforo por plantas de papa con los productos en estudio.

Realizar un análisis económico de los sistemas de producción de papa en donde se incluyen los fertilizantes ácidos.

En el cultivo de papa variedad Alpha se aplicó la dosis 200-450-200 con fertilizantes líquidos ácidos y sólidos y en tres formas de fraccionar la dosis total más un tratamiento testigo. El diseño experimental fue bloques al azar con seis repeticiones. Se controlaron riegos, malezas, plagas y enfermedades.

En las dos localidades, en pH del suelo no hubo diferencias significativas entre tratamientos. En Sierra de Arteaga, la media de los tratamientos fueron de 7.36 del tratamiento testigo hasta 7.83 del tratamiento cuatro; en Navidad los valores fueron de 7.40 del tratamiento testigo hasta 7.66 del tratamiento cuatro.

En las dos localidades, en fósforo asimilable no hubo diferencias entre tratamientos. En la localidad Sierra de Arteaga los valores se ubicaron entre 35.5 en el tratamiento testigo y 74.0 en el tratamiento seis; en Navidad, de 40.5 en el tratamiento seis hasta 64.083 en el tratamiento tres.

En las dos localidades, en por ciento de carbonatos totales no hubo diferencias entre tratamientos, en Sierra de Arteaga los valores obtenidos fueron de 24.98 en el tratamiento dos hasta 28.97 en el cinco; en Navidad de 60.81 en el tratamiento cuatro hasta 63.95 en el tratamiento testigo.

De acuerdo a Walworth y Muniz (1993), en la localidad Arteaga (INIFAP), el por ciento de fósforo en planta en los tratamientos con fertilizantes sólidos (4 = 0.33, 5 = 0.33 y 6 = 0.32 por ciento), se ubica en el nivel suficiente; con los líquidos ácidos el tratamiento tres (0.31) se ubica en el nivel suficiente y los tratamientos uno (0.27) y dos (0.27) en el nivel bajo; el testigo (0.25) se ubica en el nivel bajo, en la localidad Navidad (UAAAN), todos los tratamientos se ubican en el nivel suficiente. (0.33 en el testigo hasta 0.40 por ciento en los tratamientos 1, 2 y 3). En las dos localidades, el por ciento de fósforo en hojas, tallos y tubérculos a los 120 días son muy inferiores al nivel bajo.

Debido a que en las dos localidades, el porcentaje de fósforo en las partes de planta analizadas fue muy bajo, la eficiencia de absorción de fósforo fue negativa, esto indica que en este estudio, no se detectó un incremento de fósforo en el suelo con la aplicación de los fertilizantes en estudio, en una forma medible a través de la eficiencia de absorción por el cultivo de papa.

En rendimiento, no hubo diferencias significativas entre tratamientos en las dos localidades, en Sierra de Arteaga se obtuvieron rendimientos en kg/parcela útil de 28.952 en el testigo hasta 36.096 en el tratamiento cinco; en Navidad, de 9.944 en el testigo hasta 13.816 en el tratamiento uno.

De acuerdo al análisis económico con el tratamiento cinco que corresponde al fraccionamiento a un medio de la dosis de fertilización con fertilizantes sólidos, se obtiene el máximo beneficio neto (N\$ 63 036.96) en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP); en Navidad (UAAAN), con el tratamiento uno, que corresponde a la dosis y fraccionamiento recomendado con fertilizantes líquidos ácidos, se obtuvo el mayor beneficio neto (N\$ 6 042).

En laboratorio, en 800 gramos de suelo de ambas localidades se aplicó la misma dosis y fuentes de fertilizantes mas un testigo, se incubó durante 56 días a 30°C y a capacidad de campo. En los dos casos se presentó un aumento en el fósforo disponible en el tratamiento testigo que se atribuye a las condiciones de incubación. En el suelo de la localidad Sierra de Arteaga, a los tres días de incubación se midió la máxima cantidad de

fósforo asimilable, comparado con el testigo, representó el 49.41 por ciento de la cantidad aplicada y correspondió al tratamiento con fertilizantes líquidos ácidos, el menor pH que se midió fue a los 14 días de incubación en el tratamiento con fertilizantes sólidos. En Navidad, a los tres días, se detectó el 52.25 por ciento del fósforo aplicado con fertilizantes sólidos. El menor pH se midió donde hubo aplicación de fertilizantes sólidos.

## VII. LITERATURA CITADA

- Achorn, F.P. 1984. Acid fertilizers. *Solutions* Vol. 28 (4):32-39. United States of America.
- Achorn, F.P. 1985. Exploring the benefits of acid-base fertilizers. *Fertilizer Progress* J. Vol.16(3):19-23. United States of America.
- Aldrich, R.,S. y E. R. Leng. 1974. Producción moderna del maíz. Editorial Hemisferic Sur. Argentina.
- Ali, A.M. S., and J.L. Stroehlein. 1991a. Reactions of urea phosphate in calcareous and alkaline soils: I. Ammonia Volatilization. *Communications Soil Sci. Plant Anal.* Vol. 22(11&12):1243-1256. United States of America.
- Ali, A.M.S., and J.L. Stroehlein. 1991b. Reactions of urea phosphate in calcareous and alkaline soils: II. Effects on soil sodium and salinity. *Communications Soil Sci. Plant Anal.* Vol. 22(11&12):1243-1256. United States of America.
- Anand, S., and K.S. Krishnappa. 1989. Dry matter accumulation and nutrient uptake by potato cv. Kufri Badshah as affected by different levels of N and K in sandy loam soil. *Mysore J. Agr. Sci.* Vol 23(1):65-70. India. Citado por *Field Crop Abstracts* Vol. 45(7) United States of America.
- Arozarena N., J., J.G. Hernandez., O. Muñiz. y R. Deroncele. 1991. Nutrient relationship in a soil-plant system under conditions of organic and mineral fertilizer application. *Agrotecnia de Cuba.* Vol 23(1-2)21-27. Cuba. Citado por: *Field Crop Abstracts.* 1993. Vol. 46(7):578. United States of America.
- Bholah, M. A., P.C. Cavalot, K. Wong Yen Cheong., J. Deville and N. Govinden. 1990. N, P and K fertilizer requirements of potato in relation to soil P and K status under Mauritian conditions. In *Production, post-harvest technology and utilization of potato in the warm tropics.* Proc. of a workshop held in Réduit Mauritius. Citado por: *Soils and Fertilizers* Vol. 56(5):35. United States of America.
- Bremner, J.M., and L. A. Douglas. 1971. Decomposition of Urea Phosphate in Soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* Vol 35:575-578. United States of America.
- Collis-George, N., B.G. Daavey y D.E. Smiles. 1971. *Suelo, atmósfera y fertilizantes* Editorial Aedos. Barcelona.

- Enriquez R., S.A. 1987. Carbonatos. En: Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Aguilar. S. A., J. D. Etchevers B., J. Z. Castellanos. R. Sociedad Mexicana de la Ciencia del suelo. Publicación especial No. 1. México
- Dimas A., J.M. 1994. Efecto de fertilizantes líquidos Ácidos en maíz, cebada y triticale bajo condiciones de invernadero. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 102 p.
- Gasser, J. K. R., and A. Penny. 1967. The value of urea nitrate and urea phosphate as nitrogen fertilizers for grass and barley. *J. Agr. Sci.* Vol. 69:139-146. United States of América.
- Godoy A.,S., J. F. J. Chávez G. y A. Palomo G. 1992. Evaluación del efecto de nitrógeno y fósforo por medio de fuentes líquidas y granuladas en algodónero en suelos calcareos En: Tovar S., J.L. y R. Quintero L. (Eds)1992. La Investigación Edafológica en México 1991-1992. Memorias del XXV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Acapulco, Guerrero, México.
- Grewal, J.S., and S.P. Trehan. 1988. Results of continuous use of phosphatic and potassic fertilizers and farmyard manure on potato yield and nutrient status of an acidic brown hill soil. *J. Potassium Rese.* Vol. 4 (1):24-30. India. Citado por *Soils and Fertilizers* Vol. 52(6):872. United States of America.
- Gregory, J. R. 1984. Urea-sulphuric acid shows promise as fertilizer and in soil & water treatment. [New liquid fertilizer material]. *Sulphur in Agriculture.* Vol.8:15-16. United States of America.
- Gupta, A., and M.C. Saxena. 1981. Effect of nitrogen and phosphorus fertilization on phosphorus and potassium accumulation in different parts of potato. *J. Indian Potato Assoc.* Vol. 8 (2):45-51. India. Citado por *Soils and Fertilizers.* 1984. Vol 47(4):425. United States of America.
- Haleem, A.A., W.B. Anderson, M.K. Sadik and A.A.A. Salam. 1992. Iron availability as influenced by phosphate and ferrous-and ferric-sulfate fertilizers. *J. Plant Nutr.* Vol 15(10):1955-1992. United States of America.
- Hudec, J. J. Ivanic, and V. Macho. 1978. The effect of urea phosphate on the yield and quality of winter wheat. *Pol'nohospodárstvo* 24 (4):296-302. Czechoslovakia. Citado por *Soils and Fertilizers.* Vol. 43(4) United States of America.
- Hurtado L., J. 1995. Aplicación de fertilizantes líquidos ácidos y sólidos en trigo e incubación de suelo. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- Kalits'kiI, P.F., and G.S. Rudenko. 1990. Utilization of soil nutrients and fertilizers by potatoes cv. Svitanok Kievsky. *Kartoplyarstvo* No 21:46-49 Soviet Socialist Republics. Citado por *Soils and Fertilizers* Vol.54(7):35. United States of America.
- Kyarblane, Kh. A., G.I. Khannofainen and A.E. Soodla. 1990. The effectiveness of mineral fertilizers under local application. *Agrokimiya* 3:70-75. URSS. Citado por : *Field Crop Abstracts* Vol. 45(6):490. United States of America.
- Lamb, J.A., G.W. Rehm, T.E. Cymbulak and R.k: Severson. 1989. Field evaluation of a very acid fertilizer as a P, Zn and Fe carrier for soybean production on high pH soils. *J. Fertilizer Issues*. Vol. 6 (3):56-61. United States of America.
- Lyn, H.C., and R.S. Chung. 1977. Influence of synthesis conditions on the fertilizer characteristics of a urea-phosphate complex fertilizer. *J. Chinese Agr. Chem. Soc.* Vol 15 (3/4):33-42. Taiwan. Citado por *Soils & Fertilizers*. Vol. 43(12):1146. United States of America
- Macias V., J.A. 1987. Análisis de clima, suelo y agua en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en el area de influencia de la UAAN. Monografía. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo. Coahuila, México.
- Mendez R., Y. 1976. Modelos estadísticos lineales. Interpretación y aplicaciones. Foccevi/Conacyt. México. p.117.
- Mikkelsen, R. L., and W.M. Jarrell. 1987. Application of urea phosphate and urea sulfate to drip-irrigated tomatoes grown in calcareous soil. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* Vol 51(12):464-468. United States of America.
- Mikkelson, R. L.; and B.R. Bock. 1988. Ammonia volatilization from urea phosphate fertilizers. In *Ammonia volatilization from urea fertilizers*. Tennessee Valley Authority National Fertilizer Development Center TVA. Citado por *Soils and Fertilizers* Vol 52(9):1287 United States of America.
- Mondal, S.S., M. Chettri., S. Sarkar and T.K. Mondal. 1993. Integrated nutrient management with sulphur bearing fertilizer, FYM and crop residues in relation to growth and yield of potato. *J. Indian Potato Assoc.* Vol. 20(2):139-143. India. Citado por: *Field Crop Abstracts* Vol.47(6). United States of America.
- Moreno R., A., E. Gutierrez del R., A. Palomo G., A. Puente B. y C. A. Fernández M. 1992. Aplicación de fertilizantes ácidos en algodónero (*Gossypium hirsutum*) En: Tovar S., J.L. y R. Quintero L. (Eds) 1992. *La Investigación Edafológica en México 1991-1992. Memorias del XXV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo*. Acapulco, Guerrero, México.

- Mortvedt, J. J., and J.J. Kelsoe. 1987. Effects of banded acid-type fertilizers on micronutrient levels in soil and uptake by corn. *J. Fert. Issues*. Vol. 4(1):23-35. United States of America.
- Mortvedt J.J., and J. J. Kelsoe. 1988. Grain sorghum response to banded acid-type fertilizers in iron-deficient soil. *J. Plant Nutr.* Vol. 11(6-11):1297-1310. United States of America.
- Ochoa B., B.L. 1995. Influencia de los fertilizantes líquidos ácidos en la disponibilidad de P en Cebada. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Okamoto, T., M. Hirobe, H. Wachi and T. Matsuzaki. 1991. Changes in form, mobility and availability of some heavy metals in soil with long-term applications of sewage sludge. *Soils and Fertilizers*. Vol. 54 (6) United States of America.
- Ortega R., M.M. 1986. Evaluación de Métodos Químicos para Predecir el Requerimiento de Fertilizante Fosfatado del Cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L) en suelo Calcáreo con y sin Perlita. Tesis. Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Ortiz O., G. B., S. U. Caballero and A. L. Alvarez. 1988. Effect of date of application of 32P-triple superfosfate on fertilizer use efficiency and yield of potato. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. Vol 23(9): 963-970. Bogota, Colombia. Citado por *Field Crop Abstracts* Vol. 43 (1):66. United States of America.
- Ortega R., M.M. 1986. Evaluación de Métodos Químicos para Predecir el Requerimiento de Fertilizante Fosfatado del Cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L) en suelo Calcáreo con y sin Perlita. Tesis. Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Peterburgskii, A. V. and S. A. Shafran. 1971. Effectiveness of urea phosphate on Chernopodzolic soil. *Doklady Vsesoyuznoi Akademii Sel'skokhozyaistvennykh Nauk Imeni V.I. Lenina* No 11:14-16. Citado por *Soils and fertilizers* Vol 35:190. United States of America.
- Peterburgskii, A. V. 1974. The effectiveness of urea phosphates. *Izvestiya Timiryazevskogo Universiteta* No. 4: 50-57. Citado por *Soils and Fertilizers*. Vol 37(12):387. United States of America.
- Poltavskaya, I. A., and V.D. Kovalenko. 1981. Action of carboammophoska and urea phosphate on north Azov Sea area carbonate chernozem in the Rostov Region. *Agrokhimia* Vol (9):48-51. USSR. Citado por *Soils and Fertilizers* Vol 45(4):363. United States of America.

- Prummei, J. and P.A. Barnau-Sijhoff von. 1984. Optimum phosphate and potassium levels in potato tops. *Fertilizer Rese.* Vol. 5(2):203-211. Citado por *Soils and Fertilizers* Vol. 48 (10):1248. United States of America.
- Puente B., J.A. 1991. El Empleo De Soluciones Fertilizantes Ácidas En México. En: *Memorias Simposio Uso Racional De Los Fertilizantes En América Latina.* Querétaro, México.
- Requejo L., R. 1993. Apuntes del curso fertilidad de suelos. Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.
- Reyes C., P. 1980. Diseño de experimentos aplicados. Editorial Trillas. México.
- Roberts, S., and A.I. Dow. 1982. Critical nutrient ranges for petiole phosphorus levels of sprinkler-irrigated Russett Burbank potatoes. *Agr. J.* Vol. 74 (3):583-585. United States of America.
- Röhricht, C. 1992. Investigations on the effectiveness of mineral phosphorus fertilizers in potato production. *Bodenkultur* Vol. 43(1) 55-63. Germany. Citado por: *Field Crop Abstracts* Vol. 46(11):979. United States of America.
- Rubeiz, I. G., N.F. Oebker and J.L. Stroehlein. 1989. Subsurface drip irrigation and urea phosphate fertigation for vegetables on calcareous soils. *J. Plant Nutr.* Vol. 12(12):1457-1465. United States of America.
- Rubeiz, I. G., J.L. Stroehlein and N.F. Gebker. 1991. Effect of irrigation methods on urea phosphate reactions in calcareous soils. *Communications in Soil Sci. Plant Analysis.* Vol 22(5&6):431-435. United States of America.
- Rubeiz, I. G., J.L. Stroehlein and N.F. Oebker. 1992. Availability and fixation of phosphorus from urea phosphate incubated in a calcareous soil. *Communications Soil Sci. Plant Analysis.* Vol 23(3&4):331-335. United States of America.
- Ryan, J., M. Hamze, S. Darub and S.N. Harik. 1986. Nutrient availability in an incubated urea-phosphate-treated calcareous soil. *J. Fertilizer Issues* Vol. 3(4):146-150. United States of America.
- Ryan, J., M. Hamzé, S.N. Harik and S. Darub. 1988. Influence of urea phosphate on iron-deficient soybeans. *J. Fertilizer Issues* Vol. 5(2):56-60. United States of America.
- Ryan, J., and H. Tabbara. 1989. Urea phosphate effects on infiltration and sodium parameters of a calcareous sodic soil. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* Vol 53(5):1531-1536. United States of America.

- SAS Institute, Inc. 1988. SAS/STAT User's guide, release 6.03 edition. Cary, NC: SAS Inst., Inc.
- Scott, A. W. Jr., G. Pinkston and N. Roseff. 1989. Sugarcane acid fertilizer study. 1989 Research report Rio Farm, Inc. Monte Alto, Texas. United States of America.
- Scheefé, H. 1959. The analysis of variance. John Wiley & Sons, Inc., New York p.337
- Secretaría de Educación Pública. 1982. Manuales para Educación Agropecuaria Papas. México. Trillas.
- Sharma, U.C., and J.S. Grewal. 1989. Effect of levels and methods of phosphorus application on yield and phosphorus uptake of potato (*Solanum tuberosum*) on an acidic hill soil. Indian J. Agr. Sci. Vol. 54(4) 231-235. India. Citado por Field Crop Abstracts Vol. 43(3):260. United States of America.
- Shulman, Y., L. Fanberstein and H. Bazak, 1987. Using urea phosphate to enhance the effect of gibberellin A3 on grape size. Plant Growth Regulation. Vol. 5(3):229-234. United States of America.
- Sosa M., J. F., J. A. Cueto W., H. M. Quiroga G. y R. Aldaco N. 1992. Respuesta del maíz forrajero a nitrógeno, fósforo utilizando fertilizantes nitrogenados líquidos o granulados. En: Tovar S., J.L. y R. Quintero L. (Eds)1992. Investigación Edafológica en México 1991-1992. Memorias del XX Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo Acapulco, Guerrero, México.
- Stalin, P., and J. Enzmann. 1991. Influence of N fertilization in combination with the use of a nitrification inhibitor in potato. III. Content and uptake of P during the growth period. Beitrage zur Tropischen Landwirtschaft und Veterinarmedizin Vol. 29(2):189-200. India. Citado por Field Crop Abstracts Vol. 45(8):70. United States of America.
- Stark, J. C., and J.C. Ojala. 1989. Comparison of banded ammonium polyphosphate and acid urea phosphate as P sources for potatoes. HortSci. Vol. 24(2):282-284. United States of America.
- Sud, K.C., and A.S. Negi. 1991. Effect of P and K applied to potato in the hill soils of Shimla. J. Indian Potato Assoc. Vol. 18(1-2):19-26. India. Citado por Soil and fertilizers Vol.55(8):1080. United States of America.
- Tamhane, R.V., D.P. Motiramani, Y.P. Bali y R.L. Donahue. 1978. Suelos su Química y Fertilidad en Zonas Tropicales. Traductor Aurelio Romero del Valle. Diana México.

- Tisdale, S.L., and W.L. Nelson. 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Editori: Montaner y Simon, S.A. Barcelona.
- Thompson, L.M., y F.R. Troeh. 1980. Los Suelos y su Fertilidad Traductor D. Jua Pvigdefábregas Tomás. 4 ed. ed Reverté. España.
- Urban, W. J., W.L. Hargrove, B.R. Bock and R.A. Raunika. 1987. Evaluation of urea urea phosphate as a nitrogen source for no-tillage production. Soil Sci Soc Amer.J Vol. 51:242-246. United States of America.
- Varvel, G.E., H. L. Meredith and R. K. Severson. 1986. Field Evaluation of Acid-Bas Fertilizers on Spring Wheat. Agron. J. Vol. 78:775-779. United States c America.
- Vimala, P., N.H. Yeong., and N. Shukor. 1990. Nutrient removal studies on potat (*Solanum tuberosum*). MARDI Rese. J. Vol.18(2):267-272. Malasia. Citad por Field Crop Abstracts Vol 46(5) United States of America.
- Walworth, J.L., and J.E. Muniz. 1993. A compendium of tissue nutrient concentration for field-grown potatoes. Amer. Potato J. Vol 70.
- Wallace, A. 1988. Acid and acid-iron fertilizers for iron-deficiency control in plants. J Plant Nutr. Vol. 11(6-11):1311-1319. United States of America.
- Westermann, D.T., and G.E. Kleinkopf. 1985. Posphorus relationships in potato plants Agron. J. Vol. 77(3):490-494. United States of America.
- Westfall, D. G., and R. L. Hanson. 1985 Phosphorus, iron, and zinc availability in dual N and P and acid-based fertilizer injection zones. J. Fertilizer Issues. Vol 2(2):42-46. United States of America.
- Zamudio G., B. 1992. Evaluación de una solución nitrogenada acida (20-0-0-7S) En Tovar S., J.L. y R. Quintero L. (Eds) 1992. La Investigación Edafológica en México 1991-1992. Memorias del XXV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Acapulco, Guerrero, México.

## **APENDICE**

Cuadro A.1 Análisis de Varianza de altura de plantas en cm en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V 1994.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	
Tratamientos	6	449.156250	74.859375	0.9027	0.507	N.S.
Bloques	5	3462.531250	692.506226	8.3503	0.000	**
Error	30	2487.968750	82.932289			
Total	41	6399.656250				

C V = 11.29 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.2 Análisis de varianza de diámetro de tallos en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V 1994.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	
Tratamientos	6	0.121780	0.020297	1.0894	0.376	N.S.
Bloques	5	0.104294	0.020859	1.1195	0.356	N.S.
Error Exp.	30	0.558945	0.018631	0.8134	0.734	N.S.
Error Muest.	84	1.924103	0.022906			
Total	125	2.709122				

C.V. 12.45 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.3 Análisis de Varianza del pH del suelo a los 65 días después de siembra en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V. 1994.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	
Tratamientos	6	0.902344	0.150391	1.4866	0.216	N.S.
Bloques	5	0.263672	0.052734	0.5213	0.760	N.S.
Error.	30	3.034912	0.101164			
Total	41					

C V = 4.16 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.4 Análisis de Varianza del pH del suelo a los 71 días después de siembra en la localidad Navidad (UAAAN). Ciclo P-V. 1994.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	6	0.680908	0.113485	1.3810	0.254 N.S.
Bloques	5	0.023682	0.004736	0.0576	0.996 N.S.
Error.	30	2.465332	0.082178		
Total	41	3.169922			

C V = 3.84 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.5 Análisis de varianza conjunto de pH del suelo.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Localidades	1	0.617188	0.617188	12.2323	0.006 **
R(L)	10	0.287109	0.028711		
Tratamientos	6	1.280762	0.213460	4.2306	0.002 **
Loc X Trata.	6	0.302734	0.050456	0.5505	0.769 N. S.
Error	60	5.499023	0.091650		
Total	83	7.986816			

C V = 4.014 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.6 Análisis de Varianza de fósforo asimilable en kg/ha a los 65 días después de siembra en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V 1994.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	6	11773.16667	1962.19444	2.3184	0.05 *
Bloques	5	942.67857	188.53571	0.2228	0.949 N.S.
Error Exp.	30	25390.40476	846.34683	10.79	0.000
Error Muest.	42	3295.50	78.464287		
Total	83	41401.750			

C V = 56.76 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.7 Análisis de Varianza de fósforo asimilable en kg/ha a los 71 días después de siembra en la localidad Navidad (UAAAN). Ciclo P-V 1994.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	
Tratamientos	6	5532.30952	922.05159	0.6922	0.65	N.S.
Bloques	5	8886.91667	1777.38333	1.3343	0.268	N.S.
Error Exp.	30	39960.83333	1332.02778	86.9389	0.000	
Error Muest.	42	643.5	15.321428			
Total	83	55023.55952				

CV = 68.60 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.8 Análisis de Varianza de por ciento de carbonatos totales a los 65 días después de siembra en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V 1994.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	
Tratamientos	6	142.046875	23.674479	1.02	0.426	N.S.
Bloques	5	92.839844	18.567968	0.80	0.557	N.S.
Error Exp.	30	695.875000	23.195833	8.51	0.000	
Error Muest.	42	114.394531	2.723679			
Total	83	1045.156250				

CV = 17.82 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.9 Análisis de Varianza de por ciento de carbonatos totales a los 71 días después de siembra en la localidad Navidad (UAAAN). Ciclo P-V 1994.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	
Tratamientos	6	81.937500	13.656250	1.2325	0.309	N.S.
Bloques	5	420.843750	84.168747	7.5963	0.000	**
Error Exp.	30	332.406250	11.080209	10.9822	0.000	
Error Muest.	42	42.375000	1.008929			
Total	83	877.562500				

CV = 5.32 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.10 Análisis de varianza de % de fósforo en foliolos a los 62 días en la localidad Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V. 1994.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	6	1.216766	0.202794	12.2589	0.000 **
Bloques	5	0.315918	0.063184	3.8195	0.009 **
Error.	30	0.496277	0.016543		
Total	41	2.028961			

C V = 4.09 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.11 Análisis de varianza de % de fósforo en foliolos a los 62 días en la localidad Navidad (UAAAN). Ciclo P-V. 1994.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	6	0.574585	0.095764	5.8955	0.001 **
Bloques	5	0.080200	0.016040	0.9875	0.557 N.S.
Error.	30	0.487305	0.016243		
Total	41	1.142090			

C V = 3.59 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.12 Análisis de varianza de % de fósforo en hojas a los 120 días en la localidad Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V. 1994.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	6	1.999271	0.333212	3.5170	0.009 **
Bloques	5	0.441212	0.088242	0.9314	0.524 N. S.
Error.	30	2.842304	0.094743		
Total	41	5.282787			

C V = 25.59 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.13 Análisis de varianza de % de fósforo en tallos a los 120 días en la localidad Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V. 1994.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	6	1.256290	0.209382	2.7924	0.028 *
Bloques	5	0.630100	0.126020	1.6807	0.169 N.S.
Error.	30	2.249481	0.074983		
Total	41	4.135872			

CV = 23.82 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.14 Análisis de varianza de % de fósforo en tubérculos a los 120 días en la localidad Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V. 1994.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	6	3.628220	0.604703	6.4186	0.000 * *
Bloques	5	0.520256	0.104051	1.1044	0.379 N.S.
Error.	30	2.826340	0.094211		
Total	41	6.974815			

CV = 23.90 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.15 Análisis de varianza de % de fósforo en hojas a los 120 días en la localidad Navidad (UAAAN). Ciclo P-V. 1994.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	6	1.357399	0.226233	0.9773	0.541 N.S.
Bloques	5	1.847206	0.369441	1.5959	0.191 N.S.
Error.	30	6.944763	0.231492		
Total	41	10.149368			

CV = 33.88 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.16 Análisis de varianza de % de fósforo en tallos a los 120 días en la localidad Navidad (UAAAN). Ciclo P-V. 1994.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	6	2.040009	0.340001	2.1252	0.079 N.S.
Bloques	5	1.350677	0.270135	1.6885	0.167 N.S.
Error.	30	4.799484	0.159983		
Total	41	8.190170			

C V = 31.76 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.17 Análisis de varianza de % de fósforo en tubérculos a los 120 días en la localidad Navidad (UAAAN). Ciclo P-V. 1994.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	6	2.163589	0.360598	1.3964	0.248 N.S.
Bloques	5	0.816093	0.163219	0.6321	0.679 N.S.
Error.	30	7.747032	0.258234		
Total	41	10.726715			

C V = 32.81 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.18 Análisis de varianza de peso fresco de plantas a los 120 días en la localidad Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V. 1994.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	6	384.622070	64.103676	5.0354	0.001 **
Bloques	5	30.239258	6.047852	0.4751	0.793 N.S.
Error.	30	381.919922	12.730664		
Total	41	796.781250			

C V = 20.04 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.19 Análisis de Varianza de Rendimiento total de tubérculos en kg/parcel útil en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). Ciclo P-V 1995.

FV	G.L.	SC	CM	F	P>F
Covariable	1	259.0799145	259.0799145	6.71	0.014 **
Tratamientos	6	184.9420040	30.8236673	0.80	0.57 N.S.
Bloques	5	61.5930549	12.3186110	0.32	0.89 N.S.
Error	29	1119.8900617	38.6168987		
Total	41	1740.4184415			

C V = 18.77 %

N.S. Diferencia no significativa  
\* Diferencia significativa  
\*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.20 Análisis de Varianza de Rendimiento total de tubérculos en kg/parcel útil en la localidad Navidad (UAAAN). Ciclo P-V. 1994.

FV	G.L.	SC	CM	F	P>F
Covariable	1	60.67873686	60.67873686	3.47	0.072 N.S.
Tratamientos	6	55.32361782	9.22060297	0.53	0.78 N.S.
Bloques	5	86.32466298	17.5118841	0.99	0.4432 N.S.
Error	29	507.8446393			
Total	41	726.6894500			

C V = 34.39 %

N.S. Diferencia no significativa  
\* Diferencia significativa  
\*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.21 Análisis de Varianza Conjunto de rendimiento total de tubérculos en kg/parcela útil de las localidades Sierra e Arteaga (INIFAP) y Navidad (UAAAN). Ciclo P-V. 1994.

FV	G.L.	SC	CM	F	P>F
Covariable	1	301.450694	301.450694	10.81	0.0017 **
Localidades	1	6468.925387	6468.925387	231.87	0.0001 **
R(L)	10	145.179537	14.517954	0.52	0.86 N.S.
Tratamientos	6	196.230392	32.705065	1.17	0.33 N.S.
1-6 vs 7	1	138.8141382	138.8141382	4.98	0.02**
1-3 vs 4-6	1	1.1198422	1.1198422	0.04	0.84N.S.
Loc x Trat	6	47.991720	7.998620	0.29	0.94
Error	59	1646.04266	27.89903		
Total					

C V = 23.34 %

N.S. Diferencia no significativa  
\* Diferencia significativa  
\*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.22 Producción de tubérculos por categoría en kg/parcela útil en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP).

Trat	Cat	I	II	III	IV	V	VI	Media	%
1	1ª	12.375	15.650	5.450	22.750	22.980	10.600	14.968	43.38
	2ª	9.625	11.600	7.500	14.200	19.725	17.925	13.429	38.92
	3ª	4.650	2.500	3.200	2.300	2.075	3.400	3.021	8.76
	4ª	2.650	2.825	2.600	3.000	2.675	4.750	3.083	8.94
2	1ª	9.750	15.700	18.075	11.750	17.325	10.025	13.771	42.35
	2ª	8.075	14.400	11.350	8.275	18.425	12.400	12.154	37.38
	3ª	3.300	4.400	3.800	4.275	1.000	5.025	3.633	11.17
	4ª	4.275	3.925	2.100	2.700	2.600	2.150	2.958	9.10
3	1ª	16.850	15.100	11.875	14.600	7.450	19.400	14.213	39.97
	2ª	12.600	12.500	13.000	21.075	13.550	18.225	15.158	42.63
	3ª	4.000	4.000	1.500	3.400	3.250	2.400	3.092	8.70
	4ª	1.700	2.700	2.975	2.400	5.700	3.100	3.096	8.71
4	1ª	14.700	13.775	16.100	9.975	11.025	6.775	12.058	34.94
	2ª	16.600	17.900	11.850	11.475	11.325	11.700	13.475	39.05
	3ª	7.300	4.900	2.125	5.150	7.375	6.600	5.575	16.16
	4ª	4.000	1.975	2.300	5.400	3.700	3.025	3.400	9.85
5	1ª	17.900	14.400	20.650	15.975	12.900	9.600	15.238	43.82
	2ª	13.625	9.975	9.525	16.125	17.500	12.300	13.175	37.89
	3ª	4.775	1.800	3.400	4.800	4.100	3.050	3.654	10.51
	4ª	1.975	1.300	3.100	3.300	3.100	3.450	2.704	7.78
6	1ª	10.350	18.700	19.350	7.975	8.200	15.900	13.413	41.27
	2ª	10.525	13.010	11.650	8.575	9.625	18.700	12.014	36.96
	3ª	5.000	4.725	2.400	3.000	6.000	0.000	3.521	10.83
	4ª	5.300	1.525	1.725	3.200	5.475	4.100	3.554	10.93
7	1ª	15.075	6.500	8.350	3.850	5.850	8.100	7.954	29.14
	2ª	9.725	11.900	10.275	7.800	13.800	13.650	11.192	41.01
	3ª	5.525	5.850	4.775	3.150	5.100	3.650	4.675	17.13
	4ª	2.400	4.050	4.825	2.450	2.850	4.250	3.471	12.72

Cuadro A.23 Producción de tubérculos por categoría en kg/parcela útil en la localidad Navidad (UAAAN).

Trat	Cat	I	II	III	IV	V	VI	Media	%
1	1ª	1.500	0.325	2.050	2.850	3.500	2.650	2.146	16.19
	2ª	5.175	4.775	2.500	6.200	5.425	2.200	4.379	33.04
	3ª	3.125	4.750	2.825	4.500	6.475	4.250	4.321	32.60
	4ª	2.350	2.800	2.475	1.775	2.800	2.250	2.408	18.17
2	1ª	0.000	4.425	3.500	4.450	0.325	1.225	2.321	17.73
	2ª	2.975	4.325	4.425	5.600	3.200	4.875	4.233	32.34
	3ª	1.300	5.725	1.825	4.350	5.050	6.125	4.063	31.04
	4ª	1.875	2.875	2.000	2.100	1.350	4.625	2.471	18.88
3	1ª	0.625	0.875	2.450	0.600	5.150	0.800	1.750	13.65
	2ª	2.125	6.400	5.275	2.550	9.075	2.000	4.571	35.65
	3ª	4.150	2.400	4.150	4.675	5.000	4.500	4.146	32.34
	4ª	1.375	2.050	3.500	3.050	2.900	1.250	2.354	18.36
4	1ª	1.725	3.550	0.700	1.200	1.850	0.325	1.558	12.38
	2ª	5.500	5.700	4.500	2.700	5.425	3.225	4.508	35.81
	3ª	3.200	3.825	6.850	3.725	4.050	3.100	4.125	32.77
	4ª	1.875	2.325	2.575	2.150	3.025	2.425	2.396	19.03
5	1ª	2.575	1.100	4.100	1.450	2.150	5.650	2.838	21.67
	2ª	4.700	3.975	2.650	3.750	3.350	6.950	4.229	32.29
	3ª	3.275	3.975	2.675	3.325	0.850	7.700	3.633	27.74
	4ª	2.375	1.200	2.575	3.650	0.800	3.775	2.396	18.30
6	1ª	2.200	0.000	1.350	5.825	0.000	0.000	1.563	14.45
	2ª	1.500	2.100	2.600	5.000	3.500	4.400	3.183	29.44
	3ª	2.600	2.375	2.900	4.900	2.950	2.600	3.054	28.24
	4ª	1.475	4.400	3.825	2.450	4.275	1.650	3.013	27.86
7	1ª	1.100	0.550	0.000	2.825	0.550	0.900	0.988	10.42
	2ª	2.150	1.250	3.575	7.300	4.600	1.950	3.471	36.62
	3ª	3.725	1.275	2.875	4.600	2.000	3.700	3.029	31.95
	4ª	1.775	1.650	2.475	2.800	2.100	1.150	1.992	21.01

1:

Cuadro A.24 Análisis de Varianza de ppm de fósforo asimilable en el suelo incubado en la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). 1995.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	
Repeticiones	3	1233.12444	411.04148	1.29	0.2879	N.S.
Tratamientos	2	19995.35444	9997.67722	31.99	0.0006	**
Error A	6	1875.15222	312.52537			
Muestréos	5	29977.57778	5995.51556	18.88	0.0001	**
Interacción	10	3710.95222	371.09522	1.17	0.3364	N.S.
Error B	45	14289.56333	317.54585			
Total	71	71081.72444				

C V = 20.11 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.25 Análisis de Varianza de ppm de fósforo asimilable en el suelo incubado en la localidad Navidad (UAAAN). 1995.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	
Repeticiones	3	2813.37333	937.79111	1.77	0.1666	N.S.
Tratamientos	2	11722.52444	5861.26222	11.23	0.0094	**
Error A	6	3132.50667	522.08444			
Muestréos	5	46270.15778	9254.03156	17.46	0.0001	**
Interacción	10	18496.86889	1849.68689	3.49	0.0018	**
Error B	45	23854.880	530.10844			
Total	71	106290.31111				

C V = 20.77 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.26 Partición de la suma de cuadrados (SC) para estudiar la interacción de tratamientos (T) por días de incubación (D). Fósforo Navidad (UAAAN) 1995.

	SC	gl	CM	Fc	0.05	0.01	
SC para T en D3	4716.4867	2	2358.2433	4.517	5.43	10.92	NS
SC para T en D7	327.1667	2	163.5833	0.313	5.43	10.92	NS
SC para T en D14	10216.64	2	5108.32	9.784	5.43	10.92	*
SC para T en D28	10563.3267	2	5281.6633	10.116	5.43	10.92	*
SC para T en D42	1062.6467	2	531.3233	1.017	5.43	10.92	NS
SC para T en D56	3333.1267	2	1666.5633	3.192	5.43	10.92	NS

Cuadro A.27 Análisis de Varianza de pH del suelo incubado de la localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). 1995.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	
Repeticiones	3	0.03026667	0.01008889	0.97	0.4172	N.S.
Tratamientos	2	0.19314444	0.09657222	9.89	0.0126	*
Error A	6	0.05860	0.00976667			
Muestras	5	1.17501111	0.23500222	22.50	0.0001	**
Interacción	10	0.08607222	0.00860722	0.82	0.6078	N.S.
Error B	45	0.47008333	0.01044630			
Total	71	2.01317778				

CV = 1.29 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.28 Análisis de Varianza del pH en el suelo incubado de la localidad Navidad (UAAAN). 1995.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	
Repeticiones	3	0.00624861	0.00208287	6.97	0.0006	**
Tratamientos	2	0.10083611	0.05041806	60.13	0.0001	**
Error A	6	0.00503056	0.00083843			
Muestras	5	2.09267361	0.41853472	1400.74	0.0001	**
Interacción	10	0.00876389	0.00087639	2.93	0.0065	**
Error B	45	0.01344583	0.00029880			
Total	71	2.22699861				

CV = 0.22 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.29 Partición de la suma de cuadrados (SC) para estudiar la interacción tratamientos (T) por días de incubación (D). pH Navidad (UAAAN). 1995.

	SC	gl	CM	Fc	0.05	0.01	
SC para T en D3	0.00346667	2	0.00173333	2.067	5.43	10.92	NS
SC para T en D7	0.02326667	2	0.01163333	13.87	5.43	10.92	**
SC para T en D14	0.01931667	2	0.00965833	11.51	5.43	10.92	**
SC para T en D28	0.01895	2	0.009475	11.3	5.43	10.92	**
SC para T en D42	0.02195	2	0.010975	13.089	5.43	10.92	**
SC para T en D56	0.02265	2	0.011325	13.50	5.43	10.92	**

Cuadro A.30 Análisis de Varianza de % de carbonatos totales en el suelo incubado de localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). 1995.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	
Repeticiones	3	3.6096722	1.2032241	4.18	0.0108	*
Tratamientos	2	0.6924083	0.3462042	0.44	0.6629	N.S.
Error A	6	4.7134028	0.7855671			
Muestreos	5	124.9602167	24.9920433	86.74	0.0001	**
Interacción	10	1.5967750	0.1596775	0.55	0.8416	N:S:
Error B	45	12.9650750	0.2881128			
Total	71	148.537550				

CV = 1.86 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativ:

Cuadro A.31 Análisis de Varianza de % de carbonatos totales en el suelo incubado de localidad Navidad (UAAAN). 1995.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	
Repeticiones	3	2.47395972	0.82465324	1.15	0.3406	N.S.
Tratamientos	2	4.01146944	2.00573472	1.69	0.2620	N.S.
Error A	6	7.12678611	1.18779769			
Muestreos	5	47.67619028	9.53523806	13.26	0.0001	**
Interacción	10	4.39939722	0.43993972	0.61	0.7956	N.S.
Error B	45	32.36292917	0.71917620			
Total	71	98.05073194				

CV = 1.28 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significati

Cuadro A.32 Análisis de Varianza de % de materia orgánica en el suelo incubado de localidad Sierra de Arteaga (INIFAP). 1995.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	
Repeticiones	3	0.28449306	0.09483102	1.61	0.2014	N.S.
Tratamientos	2	0.07451944	0.03725972	0.90	0.4552	N.S.
Error A	6	0.24843611	0.04140602			
Muestreos	5	0.73312361	0.14662472	2.48	0.0455	*
Interacción	10	1.28881389	0.12888139	2.18	0.0368	*
Error B	45	2.65864583	0.05908102			
Total	71	5.28803194				

CV = 7.63 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativ

Cuadro A.33 Partición de la suma de cuadrados (SC) para estudiar la interacción de tratamientos (T) por días de incubación (D). M.O. Arteaga (INIFAP).1995.

	SC	gl	CM	Fc	0.05	0.01	
SC para T en D3	0.01211667	2	0.00605833	0.146	5.43	10.92	N.S
SC para T en D7	0.43246667	2	0.21623333	5.22	5.43	10.92	N.S
SC para T en D14	0.00911667	2	0.00455833	0.11	5.43	10.92	N.S
SC para T en D28	0.68581667	2	0.34290833	8.28	5.43	10.92	**
SC para T en D42	0.1862	2	0.0931	2.24	5.43	10.92	N.S
SC para T en D56	0.03761667	2	0.01880833	0.45	5.43	10.92	N.S

Cuadro A.34 Análisis de Varianza de materia orgánica en el suelo incubado de la localidad Navidad (UAAAN). 1995.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	
Repeticiones	3	0.02081528	0.00693843	0.18	0.9083	N.S.
Tratamientos	2	0.00107778	0.00053889	0.01	0.9904	N.S.
Error A	6	0.33505556	0.05584259			
Muestreos	5	0.52567361	0.10513472	2.75	0.0298	*
Interacción	10	0.83223889	0.08322389	2.18	0.0371	*
Error B	45	1.71920417	0.03820454			
Total	71	3.43406528				

C V = 9.43 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.35 Partición de la suma de cuadrados (SC) para estudiar la interacción de tratamientos (T) por días de incubación (D) M.O. Navidad (UAAAN) 1995.

	SC	gl	CM	Fc	0.05	0.01	
SC para T en D3	0.18886667	2	0.09443333	1.691	5.43	10.92	NS
SC para T en D7	0.23111667	2	0.11555833	2.069	5.43	10.92	NS
SC para T en D14	0.33511667	2	0.16755833	3.000	5.43	10.92	NS
SC para T en D28	0.04655	2	0.023275	0.416	5.43	10.92	NS
SC para T en D42	0.00735	2	0.003675	0.065	5.43	10.92	NS
SC para T en D56	0.02431667	2	0.01215833	0.21	5.43	10.92	NS

Cuadro A.36 Análisis de Varianza de C.I.C. en el suelo incubado de la localidad Sierra Arteaga (INIFAP). 1995.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	
Repeticiones	3	9.4497931	3.1499310	0.56	0.6426	N.S.
Tratamientos	2	11.7286333	5.8643167	0.34	0.7259	N.S.
Error A	6	104.0793778	17.3465630			
Muestras	5	65.5366292	13.1073258	2.34	0.0569	N.S.
Interacción	10	177.351850	17.7351850	3.17	0.0038	**
Error B	45	252.0331042	5.6007356			
Total	71	620.1793875				

C V = 5.46 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.37 Partición de la suma de cuadrados (SC) para estudiar la interacción tratamientos (T) por días de incubación (D)C.I.C.Arteaga (INIFAP). 1995.

	SC	gl	CM	Fc	0.05	0.01	
SC para T en D3	37.71995	2	18.859975	1.087	5.43	10.92	NS
SC para T en D7	51.2696	2	25.6348	1.477	5.43	10.92	NS
SC para T en D14	57.31961667	2	28.65980833	1.652	5.43	10.92	NS
SC para T en D28	2.65335	2	1.326675	0.076	5.43	10.92	NS
SC para T en D42	27.55085	2	13.775425	0.794	5.43	10.92	NS
SC para T en D56	12.56711667	2	6.28355833	0.362	5.43	10.92	NS

Cuadro A.38 Análisis de Varianza de C. I. C. en el suelo incubado de la localidad Navidad (UAAAN). 1995.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	
Repeticiones	3	15.9493486	5.3164495	0.27	0.8492	N.S.
Tratamientos	2	408.2762111	204.1381056	17.63	0.0031	**
Error A	6	69.4851889	11.5808648			
Muestras	5	59.5106903	11.9021381	0.60	0.7028	N.S.
Interacción	10	501.4295556	50.1429556	2.51	0.0171	*
Error B	45	898.026538	19.956145			
Total	71	1952.677532				

C V = 28.81 %

N.S. Diferencia no significativa  
 \* Diferencia significativa  
 \*\* Diferencia altamente significativa

Cuadro A.39 Partición de la suma de cuadrados (SC) para estudiar la interacción tratamientos (T) por días de incubación (D) C.I.C. Navidad (UAAAN). 1995.

	SC	gl	CM	Fc	0.05	0.01	
SC para T en D3	171.2332667	2	85.6166333	7.392	5.43	10.92	*
SC para T en D7	319.2636167	2	159.6318083	13.784	5.43	10.92	**
SC para T en D14	377.4474667	2	188.7237333	16.296	5.43	10.92	**
SC para T en D28	21.80045	2	10.90022500	0.94	5.43	10.92	NS
SC para T en D42	11.77295	2	5.886475	0.508	5.43	10.92	NS
SC para T en D56	8.18801667	2	4.09400833	0.353	5.43	10.92	NS